



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MATIAS SETÄLÄ  
HITSAUSTUOTANNON MATERIAALIVIRTAUKSEN  
KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: Associate professor  
Minna Lanz ja tohtorikoulutettava  
Hasse Nylund  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Teknisten tieteiden  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa  
5. toukokuuta 2016

## TIIVISTELMÄ

**Matias Setälä:** Hitsaustuotannon materiaalivirtauksen kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 57 sivua

Elokuu 2016

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastajat: Associate professor Minna Lanz ja tohtorikoulutettava Hasse Nylund

**Avainsanat:** lean, tuotannon virtauttaminen, virtauksen implementointi, tuotannon kehitys

Tämä diplomityö tehtiin Junkkari Oy:lle, joka oli aloittanut hiljattain siirtymisen lean-filosofian käyttämiseen. Joitain toimia virtauttamiseen liittyen oli tehty kokonaisuutena. Hitsaamolle ei kuitenkaan ollut tehty juurikaan kehitystoimenpiteitä, joten diplomityö rajattiin koskemaan ainoastaan hitsaamoa. Tutkimusongelmana oli pitkä läpäisy aika ja erityisesti suuret kustannukset keräilyyn liittyen. Tavoitteena oli luoda joitain vakiohitsauspaikkoja ja tutkia niiden vaatimaa ohjausta ja tilankäyttöä.

Tutkimusongelmaa analysoitiin omien havaintojen, haastattelujen ja ERP-datan avulla. Kirjallisuustutkimuksessa huomioitiin yleiset lean-periaatteet ja lean-implementointi. Analyysin perusteella tehtiin hitsaamoon pilottitutkimus, jonka tarkoituksena oli tuoda esiin ongelmia implementointiin liittyen. Siinä luotiin vakiohitsauspaikka, jossa tarvittavat nimikkeet olivat mahdollisimman lähellä hitsauspaikkaa. Tämän jälkeen aloitettiin laajempi implementointi, jossa usealle nimikkeelle tehtiin vakiohitsauspaikka. Lisäksi laajempaa implementointia varten tehtiin erillinen arvio tilankäytöstä.

Tuloksena saatiin luotua useita vakiohitsauspaikkoja, joiden ohjaus ja tilankäyttö oli ratkaistu. Tällä tavalla tuottavuutta ja toimitusvarmuutta saatiin parannettua. Myös keräilyaika ja käytettyä lattiapinta-alaa saatiin pienennettyä n. 40 prosenttia. Työssä varmistettiin, että implementoinnin on mahdollista jatkua sujuvasti myös diplomityön jälkeen jakamalla vastuuta implementoinnista kohdeyrityksen työnjohtolle.

## ABSTRACT

**Matias Setälä:** Material flow development of welding production

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 57 pages

August 2016

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Production Engineering

Examiner: Associate professor Minna Lanz and Doctoral Candidate Hasse Nylund

**Keywords:** lean, continuous flow, implementing continuous flow, production development

This thesis was made for Junkkari Oy, which had recently begun to use lean philosophy. Some actions were already made to implement flow as a whole. However, welding production had been mostly ignored. That is why this thesis was defined to address only welding production. Research problem was long lead time and especially massive costs regarding transportation of parts. The main target of the thesis was to create some standardized welding spots and study their control and space usage.

The problem was analyzed by own observations, interviews and ERP-data. Literary research concentrated on general lean principles and lean implementation. At first a pilot research was made based on the analysis. Its purpose was to study possible problems regarding further implementation. A standardized welding spot was created, where parts were as close as possible to the welding spot. After the pilot research larger implementation was kicked off. Furthermore, a larger study was made, where the required space was estimated.

As a result, several standardized welding spots were created, whose control and space usage had been solved. This way productivity and reliability of delivery improved. Also part transportation time and used floor area decreased around 40 per cent. As a part of the thesis, it was made sure that implementation could continue smoothly after the thesis. This was made by sharing responsibility of the implementation to the management of the company.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Junkkari Oy:lle vuonna 2016. Haluan kiittää kaikkia yrityksen työntekijöitä lämpimästä vastaanotosta ja avuliaisuudesta. Haluan erityisesti kiittää Joni Rantasta ja Harri Kruutia asiantuntevista neuvoista ja avusta diplomityön aikana.

Haluan kiittää työn tarkastajaa Associate Professor Minna Lanzia sekä työn ohjaajaa Hasse Nylundia tuesta diplomityön aikana.

Olen myös kiitollinen kihlattuni Minnan, perheeni sekä ystäväieni tuesta.

Tampereella, 24.8.2016

Matias Setälä

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn tausta, tutkimusongelma, rajaukset ja tavoite .....	1
1.2	Tutkimusmenetelmät .....	1
1.3	Työn rakenne .....	2
2.	LEAN JA VIRTAUTETTU TUOTANTO .....	3
2.1	Läpäisyajan ja virtaavan tuotannon merkitys .....	4
2.2	Hukka ja 8 tuhlauksen lajia .....	6
2.3	Visuaalisuus ja tuotantoprosessin läpinäkyvyys .....	7
2.4	Tuotannon tasoitus ja eräkokojen pienentäminen .....	9
2.5	Kaizen .....	10
2.6	Prosessin ja toimintatapojen vakiinnuttaminen .....	12
3.	LEAN-IMPLEMENTOINTI .....	15
3.1	Implementointisuunnitelma .....	15
3.1.1	Toimeen ryhtyminen .....	17
3.1.2	Uuden organisaation rakentaminen .....	18
3.1.3	Taloushallinnon mukaan ottaminen .....	19
3.1.4	Muutoksen viimeistely .....	20
3.2	Nykytila-analyysi ja työkalut implementointiin .....	21
3.2.1	Tuotteiston ryhmittely virtausta tukevaksi .....	21
3.2.2	Spagettidiagrammi .....	22
3.2.3	Asetusaikojen lyhentäminen .....	23
3.3	Implementoinnin kriittiset menestystekijät ja haasteet .....	23
3.3.1	Johdon ja henkilöstön sitoutuminen .....	24
3.3.2	Kulttuuriset tekijät .....	24
3.3.3	Ongelmanratkaisu .....	25
3.3.4	Vastuunjakaminen ja sisäinen viestintä .....	25
3.4	Saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen .....	25
3.5	Implementointia tukevat mittarit .....	27
4.	TUTKIMUSYMPÄRISTÖN ESITTELY .....	29
4.1	Tuotteet .....	29
4.2	Layout ja tuotantojärjestelmä .....	30
5.	NYKYTILA-ANALYYSI .....	32
5.1	Varastointi ja keräily .....	32
5.2	Toiminta hitsauspisteellä .....	33
5.3	Tuotannonohjaus ja -suunnittelu .....	34
5.4	Vastaanotto .....	34
6.	TOIMENPITEET VIRTAUKSEN KEHITTÄMISEKSI .....	36
6.1	Nimikkeiden luokittelu .....	36
6.2	Pilottitutkimus .....	37
6.2.1	Tutkimuskohteen valinta .....	37

6.2.2	Tutkimuksen valmistelu ja toteutus .....	37
6.2.3	Tutkimuksen onnistumisen arviointi ja mittarit .....	39
6.3	Tilankäyttöarvio .....	39
6.4	Projekti virtauksen implementointiin .....	40
6.4.1	Implementointisuunnitelma .....	40
6.4.2	Implementoidut nimikkeet .....	40
6.4.3	Jatkuva parantaminen ja saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen.....	41
7.	MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN ARVIONTI.....	43
7.1	Toimitusvarmuus.....	43
7.2	Tuottavuus.....	44
7.3	Pinta-ala.....	45
7.4	Keräilyaika .....	46
7.5	Palveluaika ja siirtojen määrä .....	47
7.6	Kokonaistehokkuus .....	49
8.	YHTEENVETO TOIMENPITEISTÄ JA IMPLEMENTOINNISTA .....	50
9.	YHTEENVETO JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....	52
9.1	Yhteenveto .....	52
9.2	Jatkokehitysehdotukset.....	52
9.2.1	Implementoinnin jatkaminen .....	53
9.2.2	Arvovirtojen läpikäyminen .....	54
9.2.3	Arvovirtojen laajentaminen yrityksen ulkopuolelle.....	54
	LÄHTEET .....	56

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

Andon	Prosessin ongelmasta ilmoittava merkki.
ERP	Enterprise Resource Planning. Yrityksen tietojärjestelmä, joka integroi eri toimintoja. (suomeksi toiminnanohjausjärjestelmä)
Hukka	Tuotteen arvoa lisäämätön työ asiakkaan näkökulmasta. (jpn. muda)
JIT	Just in Time. Periaate, jonka mukaan toimitetaan oikea määrä, oikeaa asiaa ja juuri oikeaan aikaan.
Joustavuus	Kyky reagoida muuttuneeseen kysyntään.
Kaizen	Jatkuvaa parantamista pienin muutoksin.
Kaikaku	Merkittävien ja radikaalien muutoksien tekemistä.
Läpäisy aika/ läpimeno aika	Aika, joka tuotteelta kestää kulkea koko prosessin läpi.
MRP	Materials Resource Planning. Materiaalien tarvelaskentajärjestelmä, jota voidaan käyttää tuotannonsuunnittelussa.
PDCA	Plan-Do-Check-Act. Työkalu kehitystoimenpiteiden suunnitteluun. (suomeksi suunnittele-tee-tarkasta-toimi)
Poka-Yoke	Toimenpide, jonka avulla virheellisesti toimiminen on mahdotonta.
SDCA	Standardize-Do-Check-Act. Työkalu kehitystoimenpiteiden vakiointiin. (suomeksi vakioi-tee-tarkasta-toimi)
SMED	Single Minute Exchange of Die. Menetelmä, jonka avulla asetusajoja voidaan pienentää.
Takt aika	Tuotteiden myyntiä vastaava tuotantovauhti. Käytettävissä oleva tuotantoaika jaettuna kysyntää vastaavalla tuotemäärällä.
Tasoitettu tuotanto	Eräkokojen ja tuotevariaatioiden tasoitus siten, että tuotannon kuormitus pysyy tasaisena. (jpn. Heijunka)
Tuottavuus	Kuvaa tuotoksen ja panoksen suhdetta. Tuottavuus kasvaa, kun saadaan enemmän aikaan vähemmällä työllä.
Vaihe aika	Tietyn työvaiheen suorittamiseen kuluva aika.
VSM	Value Stream Map. Systemaattinen ja visuaalinen kuvaus prosessista. (suomeksi arvovirta-analyysi)

5S Työkalu työpisteiden siisteyden ja järjestyksen parantamiseen.



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta, tutkimusongelma, rajaukset ja tavoite

Kohdeyritys oli tunnistanut ongelmakseen liian pitkän läpimenoajan ja suuret kustannukset nimikkeiden keräilyssä. Tämän vuoksi yrityksen materiaalivirtausta oli jo lähdetty kehittämään edellisen vuoden aikana lean-oppien mukaisesti. Pääasiallisia virtauksia oli mallinnettu ja analysoitu arvovirtakaavion avulla. Tämän perusteella joitain muutoksia tuotantoon oli tehty. Hitsaamoon ja sen materiaalivirtaukseen ei kuitenkaan juurikaan muutoksia ollut tehty. Hitsaamo oli muutenkin säilynyt lähes muuttumattomana jo useiden vuosien ajan, joten diplomityön aihe päätettiin rajata hitsaamoon. Työn tavoitteeksi asetettiin hitsaamon materiaalivirtauksen kehittäminen. Työssä tuli selvittää tarvittavat ohjausmenetelmät ja tilankäyttö sekä luoda joitain vakiohitsauspaikkoja. Diplomityön edetessä rajausta vielä hieman tarkennettiin. Rajauksena oli lopulta pilottitutkimus, tilankäyttöarvio ja virtauksen implementoinnin suunnittelu ja toteutus. Tarkemmiksi tavoitteiksi asetettiin seuraavat:

- toimitusvarmuus 100%
- tuottavuus yli 1
- käytetty pinta-ala -50%
- keräilyaika -50%
- kokonaistehokkuuden kehittäminen
- trukin kuljettajan vasteajan lyhentäminen

Yrityksen johtoryhmä asetti koko yritystä koskevat tavoitteet. Tuolloin toimitusvarmuudelle asetettiin tavoitteeksi 100% ja tuottavuudelle yli 1 kaikille osalueille. Myös välillisten tuntien osuutta piti pyrkiä vähentämään ja tuotekustannuksia saamaan pienemmiksi. Diplomityön tavoitteet tukevat juuri näitä tavoitteita. Keräilyaika ja kokonaistehokkuus vaikuttavat suoraan välillisiin tunteihin. Lisäksi trukin kuljettajan vasteajan lyhenemisellä saadaan lyhennettyä läpimenoaikaa ja sitä kautta parannettua toimitusvarmuutta. Pinta-alan tehokkaammalla hyödyntämisellä saadaan esimerkiksi hitsattavaksi enemmän töitä samanaikaisesti.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

Työn alussa analysoitiin tuotannon nykytilaa haastattelujen ja omien havaintojen avulla. Näiden lisäksi analysoitiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä (ERP) saatavaa dataa. Kirjallisuustutkimuksella pyrittiin vielä vahvistamaan tehtyä analyysiä. Kerättyjen

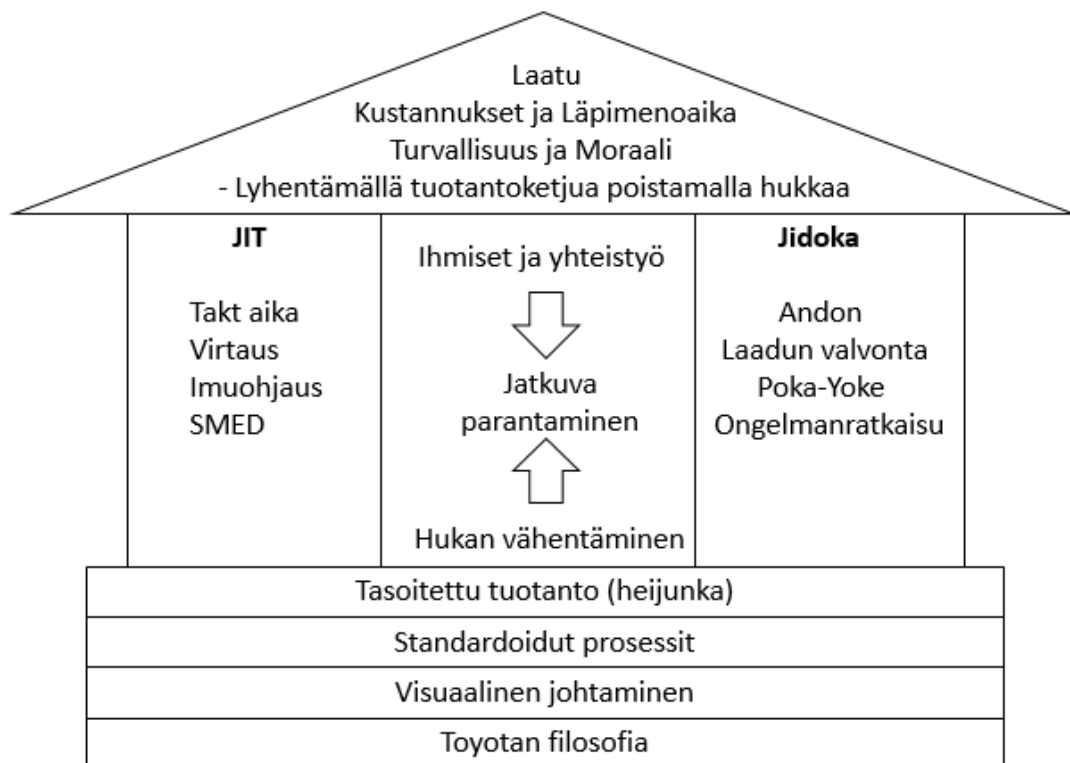
tietojen ja analyysin pohjalta tehtiin tuotantoon tarvittavat toimenpiteet pienelle alueelle. Tälle alueelle suoritettiin kokeellinen pilottitutkimus, jonka avulla tehtyjä toimenpiteitä mitattiin. Mittaamisen lisäksi pilottitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ja ratkaista esiin nousevia ongelmia implementointiin liittyen. Kokeellista tutkimusta jatkettiin pilottitutkimuksen jälkeen myös toiselle alueelle. Diplomityön aikana tehtiin lisäksi muita muutoksia tuotantoon, joita ei otettu mukaan yksityiskohtaiseen kokeelliseen tutkimukseen. Näiden muutoksien vaikutusta on arvioitu kokeellisiin tutkimuksiin perustuen.

### **1.3 Työn rakenne**

Luvussa 2 on ensin käsitelty keskeisiä lean-filosofian elementtejä. Sen jälkeen luvussa 3 on esitetty lean-implementointiin liittyviä vaiheita. Luvussa 4 on esitelty tutkimusympäristöä tuotteiden ja tuotantojärjestelmän muodossa. Luku 5 koostuu nykytila-analyysistä kattaen yrityksen eri osa-alueet. Luvussa 6 on käyty läpi toimenpiteet, joita kohdeyrityksessä tehtiin nykytila-analyysiin pohjautuen. Luvussa 7 on esitetty mittaustulokset, joiden mukaisesti tehtyjä toimenpiteitä arvioidaan. Luku 8 vetää yhteen toimenpiteiden vaikutukset, eli luvut 6 ja 7. Lopuksi luvussa 9 vedetään yhteen koko työ ja esitetään jatkokehityskohteita.

## 2. LEAN JA VIRTAUTETTU TUOTANTO

Lean-filosofian on luonut Taiichi Ohno Toyotan tuotantojärjestelmälle, joka on esitetty kuvassa 1. Sen tarkoituksena on saada asiakastilaus virtaamaan mahdollisimman nopeasti koko toimitusketjun läpi. Tilauksen läpäisyäikää lyhennetään poistamalla kaikki mahdollinen arvoa tuottamaton työ (hukka). Tuotannossa pyritään siihen, että jokainen tuote sekä työvaihe tehdään vain tarpeen mukaan ja juuri oikeaan aikaan, mistä tulee nimitys Just in Time (JIT) –tuotanto. (Ohno 1988) Ihannetapauksessa JIT-tuotanto tarkoittaa sitä, että eräkoko on yksi, jolloin yksi kappale virtaa läpi tuotannon (engl. One-Piece Flow). Tällä tavalla saadaan paras laatu, pienimmät kustannukset ja lyhin toimitusaika sekä korkea turvallisuus ja moraali (Liker 2004).



**Kuva 1.** Toyotan tuotantojärjestelmän peruspilarit ja tavoitteet (Liker 2004)

Edellä esitetyt tavoitteet löytyvät kuvan 1 talon katolta. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan taloon lisäksi peruspilarit ja perusta, jotka tukevat näitä tavoitteita. Kokonaisuuden toimiminen vaatii, että kaikki osa-alueet ovat kunnossa. Peruspilarit muodostavat JIT ja jidoka, joita on käyty läpi seuraavassa.

Jotta *JIT-tuotanto* toimisi, tarvitaan *takt aika*, jonka mukaisesti tuotantovauhti määritetään. Takt aika lasketaan jakamalla käytettävissä oleva tuotantoaika kysyntää

vastaavalla tuotemäärällä. Sen jälkeen tuotanto laitetaan *virtaamaan* takt ajan mukaisesti poistamalla kaikki hukka. Yleisimmat hukat on käyty läpi luvussa 2.2. *Imuohjauksella* varmistutaan, että tuotteita tehdään vain asiakasvaatimusten mukaan. *Asetusaikojen lyhentäminen* on oleellista, jotta eräkokoja voidaan pienentää. Tässä voidaan käyttää apuna Single Minute Exchange of Die (SMED)–menetelmää, jota on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.3.

JIT:n lisäksi tarvitaan *Jidoka*, joka varmistaa tuotteiden *laadun*. Jidokan mukaan tuotanto on pysäytettävä heti, kun siellä esiintyy ongelma. Näin vältetään viallisten tuotteiden päätymiseltä eteenpäin. Tuotantoa jatketaan vasta, kun *ongelma on ratkaistu*. Tässä voidaan käyttää apuna erilaisia työkaluja, kuten andonia. *Andon* tarkoittaa jotain näkyvää merkkiä siitä, että prosessissa on jokin ongelma, esimerkiksi valotaulua voidaan käyttää andonina. *Poka-Yoke* sisältää toimenpiteitä, joilla prosessista tehdään sellainen, että virheiden tekeminen on mahdotonta.

JIT:n ja jidokan muodostamien pilareiden alle tarvitaan vielä lean-taloon perusta. *Tasoitettussa tuotannossa* (jpn. heijunka) eräkoot ja tuotevariaatiot on tasoitettu niin, että tuotannon kuormitus pysyy tasaisena. Tätä on käyty kattavammin läpi luvussa 2.4. Sen lisäksi tuotantoprosessin täytyy olla *visuaalinen ja läpinäkyvä*, jotta sen johtaminen olisi mahdollisimman helppoa. Tästä löytyy lisää luvusta 2.3. *Vakioidut prosessit* takaavat luotettavan laaduntuottokyvyn. Keinoja tähän löytyy luvusta 2.6. Kenties keskeisin osa toyotan filosofiaa on *jatkuva parantaminen* (jpn. kaizen). Sen mukaan ihmiset ovat kaiken toiminnan keskiössä ja heitä tulee kannustaa ongelmanratkaisuun. Kaizenista enemmän on luvussa 2.5. (Liker 2004)

## 2.1 Läpäisyajan ja virtaavan tuotannon merkitys

Läpäisyajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu asiakkaan tehtyä tilaus, siihen, että asiakas saa tilaamansa tuotteen. Läpäisy aika tulee pyrkiä minimoimaan, koska mitä kauemmin tilauksen toimittamisessa kestää, sitä enemmän kustannuksia yritykselle syntyy. (Carreira & Trudell 2006) Lisäksi asiakastyytyväisyys paranee lyhyiden toimitusaikojen ja paremman toimitusvarmuuden myötä (Womack & Jones 1996). Jos läpäisy aika on lyhyempi kuin tuotteen toimitusaika, mahdollistaa tämä tilausohjautuvan tuotannon. Mikäli läpäisy aika on pidempi kuin toimitusaika, joudutaan säilyttämään varastoja, jotta tuotteet voidaan toimittaa ajallaan. Tilauksen läpäisyajan lisäksi läpäisy aikaa voidaan käyttää valmistuksen tai valmistuksen eri vaiheiden kuvaamiseen. (Lapinleimu et al. 1997)

Kun tuotantoon sovelletaan leanin periaatetta, jolloin eräkokona on yksi, syntyy lukuisia hyötyjä yritykselle. Käytännössä erä koko voi vain harvoin olla yksi, koska prosessissa esiintyy häiriöitä. Eräkokoja pienentämällä saadaan kuitenkin aikaiseksi samoja hyötyjä. Nämä hyödyt on esitetty seuraavassa. (Liker 2004)

- Parantaa laatua
- Luo joustavuutta
- Parantaa tuottavuutta
- Vapauttaa lattiailaa
- Parantaa turvallisuutta
- Kohentaa moraalia
- Vähentää varastohallinnan kustannuksia

*Laatu* paranee, kun eräkoot ovat pienempiä, koska silloin menee vähemmän aikaa huomata virheellinen tuote ja korjata ongelma. Suurilla eräkoilla syntyy paljon enemmän virheellisiä tuotteita ennen kuin ongelma saadaan korjattua.

*Joustavuutta* voidaan parantaa pienemmillä eräkoilla ja lyhyemmällä läpäisyajalla. Kysynnän muuttuessa voidaan nopeammin reagoida muuttuneeseen tilanteeseen. Jos esimerkiksi asiakas haluaakin erilaisen tuotteen kuin, mitä sillä hetkellä valmistetaan. Tällöin voidaan nopeasti alkaa valmistamaan uudenlaista tuotetta.

*Tuottavuus* paranee eräkokoja pienentämällä. Suurilla eräkoilla paljon arvoa tuottamatonta työtä kuluu, kun valmistetaan liikaa tuotteita, jotka täytyy vielä varastoida. Varastointi aiheuttaa aina ylimääräistä työtä, kun tuotteita joudutaan käsittelemään useita kertoja. Pienillä eräkoilla taas arvoa tuottamatonta työtä syntyy vähemmän, kun tuotteita ei tarvitse varastoida ja kuljetella moneen kertaan.

*Lattiailaa* vapautuu pienempien eräkokojen myötä, kun lattiat eivät ole täynnä varastoitavia ja keskeneräisiä tuotteita. Kun lattiailaa vapautuu, voidaan se käyttää paremmin hyödyksi ja usein ei ole tarvetta rakentaa lisää tilaa.

*Turvallisuus* paranee, koska pienempiä eräkokoja ei välttämättä tarvitse siirtää trukilla, joka aiheuttaa suuren onnettomuusriskin tehtaalla. Pienempiä materiaalierä voidaan myös nostella turvallisemmin.

*Moraali* paranee työntekijöiden keskuudessa, koska käsiteltäessä pienempiä erä työntekijät tekevät enemmän arvoa tuottavaa työtä. Tällöin he näkevät paremmin työnsä tulokset ja voivat tuntea siitä tyydytyksen ja onnistumisen tunteita.

*Varastohallinnan kustannukset* vähenevät pienempien eräkokojen myötä, koska rahaa ei ole sitoutunut niin paljon varastossa oleviin tuotteisiin. Tämä raha voidaan käyttää hyödyksi johonkin muuhun. Myös varaston vanhenemisesta johtuvat kustannukset vähenevät. (Liker 2004)

## 2.2 Hukka ja 8 tuhlauksen lajia

Hukka (jpn. muda) tarkoittaa kaikkea, mikä ei tuota lisäarvoa asiakkaalle (Wilson 2010). Ohnon (1988) mukaan välttämätöntä on eliminoida 7 eri hukan lajia, jotka on esitetty alla. Likerin (2004) mukaisesti listaan on lisätty vielä kahdeksas hukka.

1. kuljetukset
2. odottelu
3. ylituotanto
4. vialliset tuotteet
5. tarpeeton varastointi
6. tarpeeton liikkuminen
7. ylimääräinen tai tehoton käsittely
8. työntekijöiden käyttämätön potentiaali

*Ylituotannolla* tarkoitetaan tuotteiden valmistamista, joille ei ole vielä tehty asiakastilausta. Koska ylituotanto aiheuttaa suurimman osan muista hukan lajeista, pidetään sitä pahimpana leanin hukkana. Valmiit ja keskeneräiset tuotteet vievät varastotilaa sekä aiheuttavat varastoinnista johtuvia tarpeettomia kuljetus- ja työntekijäkustannuksia. (Liker 2004, Hicks 2007)

*Tarpeeton varastointi* syntyy materiaalien, keskeneräisten ja valmiiden tuotteiden varastoinnista. Varastointi aiheuttaa läpimenoaikojen pidentymistä, varastointikustannuksia ja ylimääräisiä kuljetuksia. Mitä enemmän tuotannossa on väli- ja loppuvarastoja, sitä enemmän tuotantoon on sitoutunut pääomaa, joka voitaisiin käyttää johonkin muuhun. Pääoman sitoutumisen lisäksi kustannuksia syntyy henkilökunnasta ja varastointiin liittyvistä koneista ja laitteista (Stephens & Meyers 2013).

*Odottelua* syntyy, kun työntekijän työskentely, jostain syystä keskeytyy ja hän joutuu vain odottamaan tekemättä mitään, esimerkiksi tuotannossa olevan viivästyksen, puuttuvan työkalun tai osan takia. Myös automaattisia koneita käytettäessä voi syntyä odottelua, jos työntekijä ei tee mitään arvoa tuottavaa samaan aikaan, kun kone työskentelee.

*Kuljetuksista* aiheutuu hukkaa, jos valmiita tai keskeneräisiä tuotteita joudutaan kuljettamaan pitkiä matkoja. Tarpeettomia kuljetuksia voi tapahtua prosessin eri vaiheiden välillä tai kuljetettaessa tuotteita varastoon ja ulos sieltä.

*Ylimääräistä käsittelyä* on kaikki työ, mitä tehdään paremman laadun takaamiseksi kuin on tarpeen. Tehotonta käsittelyä tapahtuu, kun tuotetaan huonompaa laatua kuin pitäisi tai kun käsittely kestää kauemman kuin yleensä. Esimerkiksi kulunut tai vääränlainen työkalu voi aiheuttaa tehotonta käsittelyä.

*Tarpeetonta liikkumista* on kaikki työntekijän suorittama kävely, joka ei lisää tuotteen arvoa. Tarpeetonta liikkumista saattaa aiheutua, jos työntekijän täytyy esimerkiksi etsiä työkaluja tai hakea työstämänsä tuote ja sen osat. (Liker 2004, Hicks 2007)

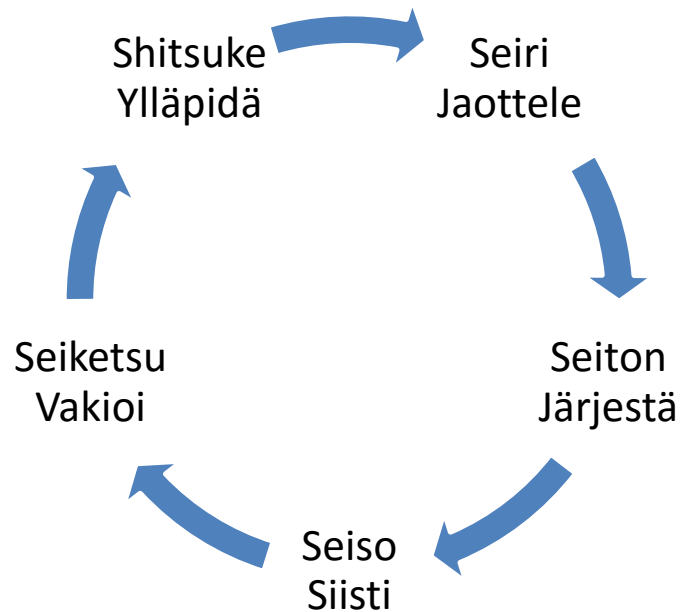
*Viallisten tuotteiden* tekeminen aiheuttaa niiden korjaamista ja pahimmassa tapauksessa uudelleen tehtävää työtä. Tässä menee paljon aikaa hukkaan, jolloin voitaisiin tehdä uusia tuotteita. Myös materiaalin vaurioituminen aiheuttaa kustannuksia.

*Työntekijöiden käyttämätön potentiaali* pitäisi Likerin (2004) mukaan lisätä kahdeksanneksi hukan lajiksi muissa lähteissä käytetyn seitsemän hukan sijaan. Työntekijöiden taidot, ideat ja parannusehdotukset menevät hukkaan, jos työntekijöitä ei oteta huomioon. (Liker 2004)

## 2.3 Visuaalisuus ja tuotantoprosessin läpinäkyvyys

Visuaalisuus parantaa tuotantoprosessin läpinäkyvyyttä. Kun kaikille materiaaleille ja työkaluille on omat paikkansa, voi helposti nähdä, jos prosessissa on jokin vikana. Tätä visuaalisuutta parantavaa mallia kutsutaan nimellä 5S, joka on yksi leanin työkaluista. (Liker 2004, Nash 2008) Se koostuu viidestä vaiheesta, jotka on esitetty seuraavassa luettelossa ja kuvassa 2 Likerin (2004) mukaisesti:

1. Jaottele (jpn. Seiri) – Jaottele tavarat ja hävitä kaikki tarpeettomat.
2. Järjestä (jpn. Seiton) – Määrää jokaiselle tavaralle oma paikka ja järjestä niiden mukaan.
3. Siisti (jpn. Seiso) – Puhdista kaikki alueet roskista ja liasta päivittäin.
4. Vakioi (jpn. Seiketsu) – Kehitä järjestelmä ja toimintatavat, jonka avulla ensimmäisiä kolmea vaihetta seurataan ja ylläpidetään.
5. Ylläpidä (jpn. Shitsuke) – Ylläpidä koko prosessin toimivuutta jatkuvan parantamisen avulla.



**Kuva 2.** 5S:n vaiheet ja kierto (Liker 2004)

Ensimmäisessä vaiheessa kaikki alueella olevat tavarat jaotellaan. Huomioon otetaan valmiit ja keskeneräiset tuotteet, dokumentit, pakkausmateriaali, työkalut, koneet ja kaikki muu sekalainen tavara alueella. Kaikki tavarat, joita ei tarvita tuotannollisten tavoitteiden saavuttamiseksi, täytyy hävittää. Jokainen turha tavara vie tilaa työpisteeltä ja häiritsee tuotannon virtausta, mikä aiheuttaa pidempiä tuotteiden läpimenoaikoja. (Chapman 2005) Tavaroiden poistamisessa voidaan käyttää apuna esimerkiksi punaisia lappuja tarpeettomien kappaleiden merkitsemisessä. Tärkeää on, että merkitsijällä on riittävä tieto ja päätäntävalta, jotta projekti etenee. (Tisbury 2012)

Toisessa vaiheessa kaikki jäljelle jääneet tavarat järjestetään niin, että syntyy mahdollisimman vähän arvoa tuottamatonta työtä. Työntekijöiden kävely ja materiaalin kuljettaminen täytyy saada minimoitua. Työkalut ja materiaalit täytyy siis sijoittaa mahdollisimman lähelle työpistettä, jossa niitä tarvitaan. Lisäksi materiaalien ja työkalujen paikat täytyy olla selkeästi merkittyjä niin, että uusikin työntekijä löytää helposti etsimänsä.

Kolmannessa vaiheessa siivoaminen organisoidaan niin, että kaikki alueet tulee siivottua tarpeeksi usein. Määritellään, kuka siivoaa minkäkin alueen ja miten siistejä alueiden tulee olla. Siivotessa pitäisi kiinnittää huomiota myös työkalujen ja koneiden kuntoon. Jos näkyy merkkejä viallisesta laitteesta, tulee ne huomioida ennen kuin laite hajoaa kokonaan ja pysäyttää mahdollisesti tuotannon.

Neljännessä vaiheessa vakioidaan kolme ensimmäistä vaihetta. Kaikki tarvittavat välineet siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseen tulee löytyä läheltä työpisteitä. Määritellään, miten paljon aikaa siivoamiseen käytetään ja mitkä alueet tulee olla siivottuna.

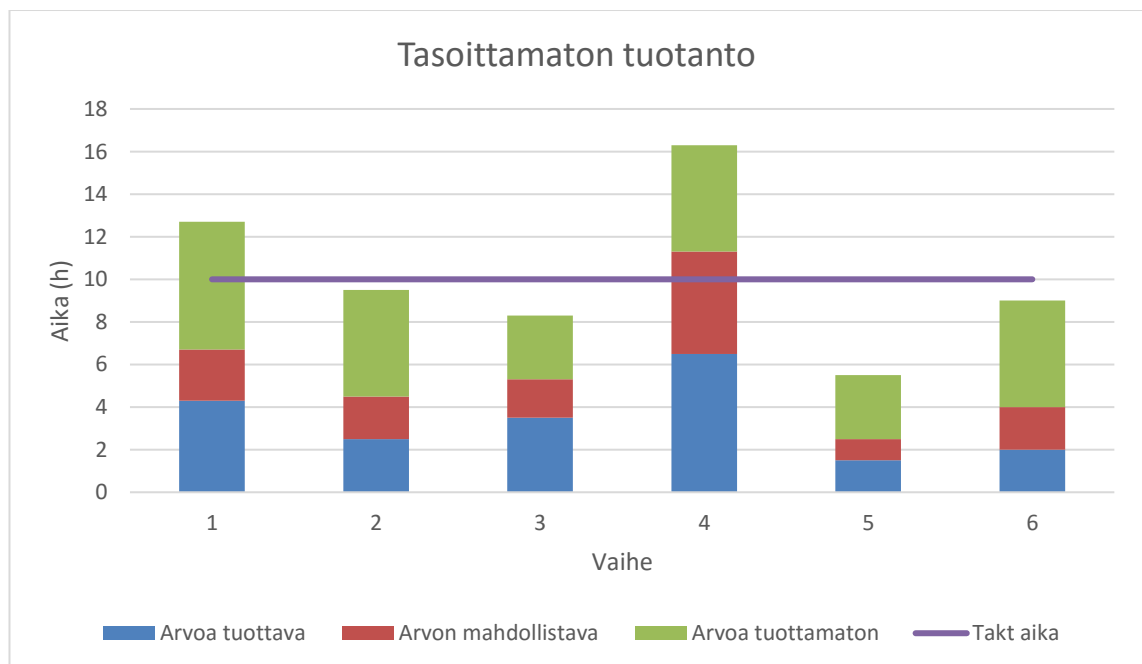


Viidennessä vaiheessa pyritään ylläpitämään 5S:ää mahdollisimman korkealla tasolla. Jotta 5S pysyy riittävällä tasolla, täytyy auditointi, palautteen antaminen ja kehittäminen saada osaksi yrityksen kulttuuria. (Chapman 2005) Parhaiten 5S saadaan ylläpidettyä, kun auditointi suoritetaan säännöllisin väliajoin vakiolomakkeen avulla. Auditointi voidaan suorittaa esimerkiksi kerran kuukaudessa ja hyvästä menestyksestä voidaan palkita työntekijät. (Liker 2004)

## 2.4 Tuotannon tasoitus ja eräkokojen pienentäminen

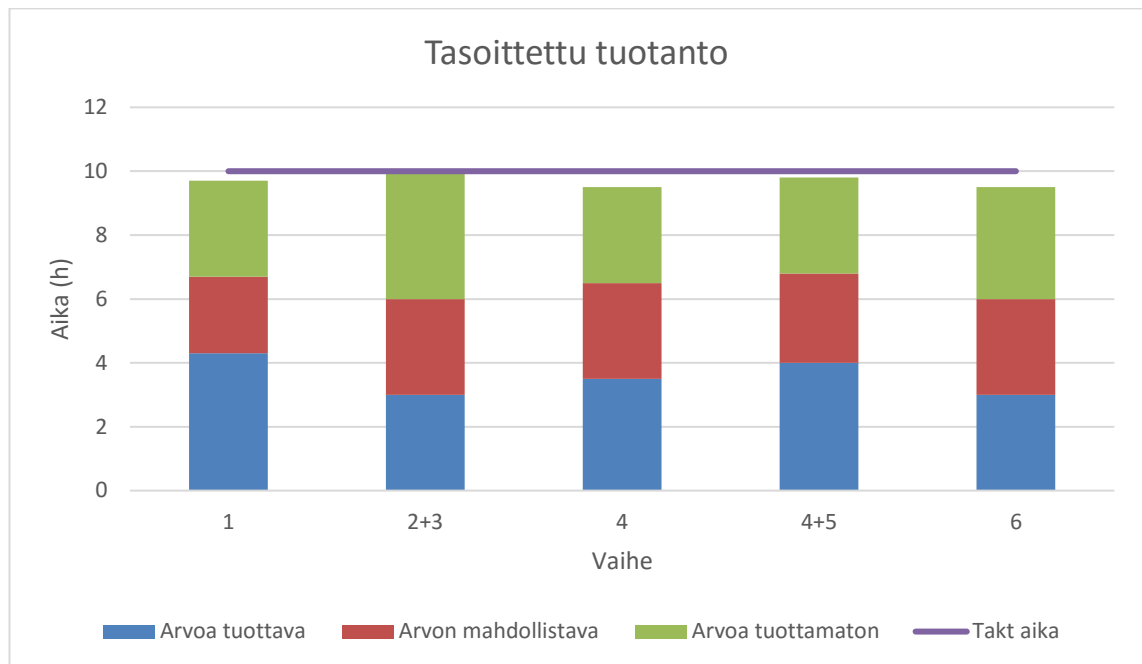
Tasoitetulla tuotannolla (jpn. Heijunka) tarkoitetaan tuotannon määrän ja tuotevariaatioiden tasoittamista. Valmistaminen täysin asiakastilausten mukaan aiheuttaisi tuotantoon paljon epäsäännöllisyyttä kysynnän vaihdellessa. Tämän vuoksi on tarpeen rakentaa kysyntään perustuva tasainen tuotantosuunnitelma, jossa eri tuotevariaatioita valmistetaan tasaisesti. (Liker 2004) Tasoitetussa tuotannossa jokaisen prosessin vaiheen tulisi kestää yhtä kauan. Tällöin vältetään välivarastoilta ja työkuormituksen epätasaisuudelta. Samankestoiset vaiheet mahdollistavat eräkokojen pienentämisen. (Hobbs 2003) Tasoitettu tuotanto ja pienet eräkoot ovat virtautetun tuotannon edellytys (Liker 2004).

Kuva 3 kuvaa tasoittamattoman tuotannon erikestoisia vaihteita. Kuvassa oleva takt-aika tarkoittaa kysyntään perustuvaa tavoitteellista vaiheaikaa. Se saadaan, kun kysyntää vastaava määrä tuotteita jaetaan käytettävissä olevalla ajalla. Erikestoiset vaiheet aiheuttavat pullonkauloja tuotantoon ja pitkän läpäisyajan.



**Kuva 3.** Esimerkki tasoittamattoman tuotannon periaatteesta (John et al. 2008)

Kuvassa 4 taas tuotanto on tasoitettu poistamalla arvoa tuottamatonta työtä ja yhdistämällä vaiheita. Tasoitetussa tuotannossa työkuorma jakautuu tasaisesti eri vaiheille. Tämä takaa tasaisen läpäisyajan, joka vastaa asiakasvaatimuksiin. (John et al. 2008) Tuotantoa tasoitetaan yleensä tahdistavan eli pitkäkestoisimman työvaiheen mukaan. Tämän vaiheen jälkeen tuotannon tulisi virrata mahdollisimman nopeasti. (Rother & Shook 1998)



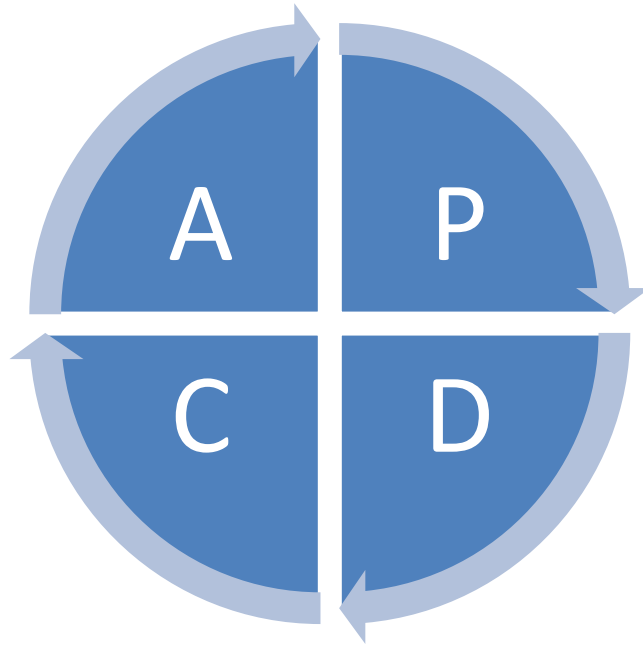
**Kuva 4.** Esimerkki tasoittamattoman tuotannon periaatteesta (John et al. 2008)

Monet yritykset implementoivat lean-filosofiaa vain poistamalla hukkaa, koska se on helppoa. Vaikeampaa on tuotannon tasapainottaminen. Tasoitetussa tuotannossa yhdistyvät lyhyen läpäisyajan hyödyt sekä työvoiman tehokas hyödyntäminen. (Liker 2004)

## 2.5 Kaizen

Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista ja on erittäin tärkeä osa lean-filosofiaa. Filosofian mukaisesti kaizen kuuluu kaikille yrityksen työntekijöille. Kaizen takaa yrityksen menestymisen myös tulevaisuudessa jatkuvien pienten parannusten avulla. Sen tulisi iskostua työntekijöiden mieliin niin, että jatkuvista kehitystoimista tulee luonnollinen tapa. (Imai 1997) Kun henkilöstöllä on mahdollisuus vaikuttaa kehitystoimenpiteisiin, saadaan heidät sitoutumaan paremmin yrityksen toimintaan (Haverila et al. 2009). Kehitysideoiden tulisikin lähteä niiltä henkilöiltä, joiden työskentelyyn kehittämisprojekti vaikuttaa (Galsworth 2005). Tärkeimmät työkalut kaizenin

harjoittamisessa ovat Plan-Do-Check-Act (PDCA) ja 5 kertaa miksi. Kuvassa 5 on esitetty PDCA:n kierto. (Imai 1997)



**Kuva 5.** PDCA-syklin kierto (Imai 1997)

PDCA varmistaa Kaizenin jatkuvuuden kehottamalla jatkuvasti kehittämään toimintatapoja. *Plan (suunnittele)* tarkoittaa, että aina pitäisi olla jokin kehitystavoite meneillään. Tässä vaiheessa myös suunnitellaan, miten tavoitteisiin päästään. *Do (tee)* kehottaa implementoimaan tehdyt suunnitelmat. *Check (tarkasta)* –kohdassa arvioidaan, ovatko tehdyt toimenpiteet olleet riittäviä. *Act (toimi)* –vaiheessa vakioidaan tehdyt toimenpiteet, jotta havaittua ongelmaa ei enää pääse syntymään. Jos saadut tulokset eivät olleet riittäviä käydään uudestaan PDCA-sykli läpi. Vakioinnin jälkeen alkaa taas uuden kehitystavoitteen valinta. Tavallisesti PDCA pyörii jatkuvasti ympäri siten, että saadut tulokset tuovat mukanaan aina lisää kehitettävää.

Toinen merkittävä kaizenin työkalu on 5 kertaa miksi. Tämä on yksinkertainen tapa ratkaista mikä tahansa ongelma. Kysytään vain viisi kertaa peräkkäin, mistä ongelma johtuu. Tällöin päästään useimmiten ongelman juurisyyhyn käsiksi ja estetään sen tapahtuminen uudelleen. Riippuen ongelman monimutkaisuudesta myös vähemmän tai enemmän kysymyksiä voi olla tarpeen. (Imai 1997) Esimerkkinä voidaan käyttää Imain (1997) mukaan työntekijää, joka heittelee sahanpurua lattialle koneiden välissä.

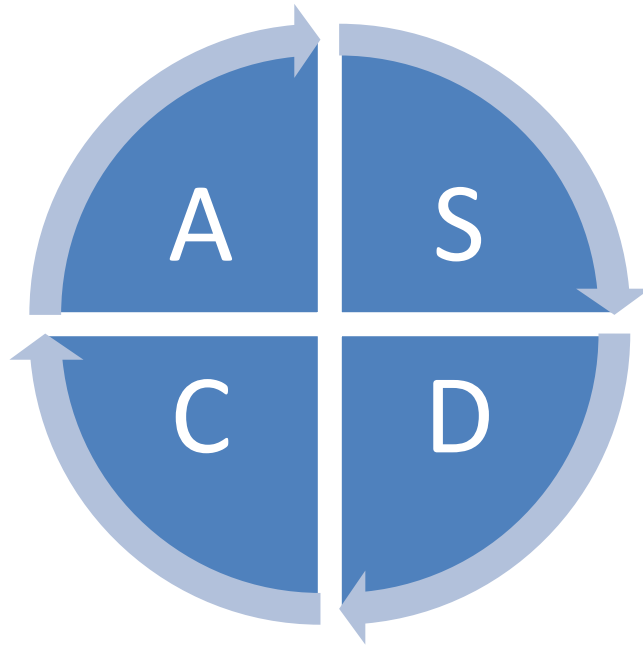
1. Kysymys: Miksi heität sahanpurua lattialle?
  - Vastaus: Koska lattia on liukas.
2. Kysymys: Miksi lattia on liukas?
  - Vastaus: Koska lattialla on öljyä.
3. Kysymys: Miksi lattialla on öljyä?

- Vastaus: Koska sitä vuotaa koneesta.
- 4. Kysymys: Miksi sitä vuotaa koneesta?
- Vastaus: Koska liitin vuotaa.
- 5. Kysymys: Miksi liitin vuotaa?
- Vastaus: Koska liittimen tiiviste on kulunut loppuun.

Kaizenin merkitys korostuu JIT-tuotannossa, koska JIT paljastaa ongelmat, joita ei nähdä, jos eräkoot ovat suuret. Esimerkiksi vialliset tuotteet, epäluotettavat toimittajat sekä epätasainen tuotanto ovat yleisiä esiin nousevia ongelmia. (Krajewski & Ritzman 1996) Tämän vuoksi ongelmat pitäisikin nähdä mahdollisuuksina kehittää toimintaa. 90% havaituista ongelmista voidaan ratkaista lähes samalla hetkellä, kun ne löydetään. Tärkeintä on vain löytää juurisyy. (Imai 1997)

## **2.6 Prosessin ja toimintatapojen vakiinnuttaminen**

Prosessin ja työtehtävien vakiinnuttaminen on keskeinen osa lean-filosofiaa, koska vaihtelu toimintatavoissa ja vaiheajoissa synnyttää prosessiin hukkaa (Rother 2001). Vakiinnuttamiseen käytetään toimintatapoja, joiden avulla kyseinen työ on helpointa ja turvallisinta tehdä. Vakiintuneet työtehtävät parantavat tuottavuutta, koska työntekijät oppivat tekemään tehtävänsä tehokkaammin (Krajewski & Ritzman 1996). Vakiodut toimintatavat voidaan usein käsittää ihmisiä kahlitseviksi. Niiden ei kuitenkaan ole tarkoitus kahlita ketään, vaan vakauttaa prosessi, jotta asiakkaalle voidaan tuottaa virheettömiä tuotteita mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Imai 1997) Massatuotannon byrokraattisen vakioinnin ja lean-filosofian vakioinnin erona on työntekijän arvostaminen. Leanissä toimintatapojen tulee olla tarpeeksi joustavia, jotta ihmisten luovuudelle jää tilaa. (Liker 2004) Kuvassa 6 on esitetty vakioinnin kulku Standardize-Do-Check-Act (SDCA) -syklin mukaisesti.



**Kuva 6.** SDCA-syklin kierto (Imai 1997)

Vakiointi noudattelee jo luvussa 5 mainittua PDCA-sykliä. Nyt vain suunnittele-kohta vaihdetaan vakiointiin. *Vakioinnin (S)* jälkeen *tehdään (D)* toimintatapojen mukaan ja säännöllisesti *tarkistetaan (C)* ollaanko pysytty toimintatavoissa. Mikäli toimintatavoissa ei ole pysytty, selvitetään, mistä se johtuu ja *toimitaan (A)* sen mukaisesti. Jos toimintatapoja joudutaan muuttamaan, tehdään niin ja sykli lähtee pyörimään uudelleen.

Ajan kuluessa SDCA ja PDCA-syklit vuorottelevat. Kun toimenpide on vakioitu SDCA-syklin mukaisesti, on aika valita seuraava kehityskohde ja kehittää sitä PDCA-syklin mukaisesti. PDCA-syklin jälkeen on taas aika vakioida tehdyt kehitystoimet. Tällä tavalla kehitys ja vakiointi pyörivät loputtomasti. (Imai 1997)

Seuraavassa on esitetty vakioitujen toimintatapojen pääpiirteet Imain (1997) mukaisesti:

- *Vakioidut toimintatavat edustavat parasta, helpointa ja turvallisinta tapaa työskennellä.* Toimintatavoissa yhdistyy vuosien kehitystyö ja osaaminen. Niiden avulla voidaan varmistaa, että yrityksen koko henkilökunta toimii samalla tavoin. Tällä tavalla voidaan esimerkiksi varmistaa, että eri vuorot toimivat samalla tavoin.
- *Vakioidut toimintatavat tarjoavat parhaan tavan säilyttää tietotaito yrityksessä.* Jos tietotaito on pelkästään työntekijöiden tiedossa, poistuu työntekijän mukana myös hänen osaamisensa. Ainut keino on siis vakioida arvokkaat tiedot, jotta ne pysyvät yrityksessä henkilöstön vaihtuessakin.
- *Vakioidut toimintatavat luovat tavan mitata toimintaa.* Niiden avulla voidaan määrittää mittarit, joiden mukaisesti työskentelyä seurataan. Ilman toimintatapojen mukaista mittaristoa ei työntekeä voi luotettavasti arvioida.

- *Vakioidut toimintatavat näyttävät syy ja seuraus –suhteet.* Ilman toimintatapoja ei voida olla varmoja, mitkä asiat johtuvat mistäkin, koska ei välttämättä tiedetä, mitä tarkalleen on tapahtunut. Toimintatapojen avulla nähdään niiden vaikutukset selkeästi, ja tarpeen mukaan niitä voidaan kehittää vastaamaan muuttuvia vaatimuksia.
- *Vakioidut toimintatavat luovat perustan ylläpidolle ja kehitykselle.* Määritelmänsä mukaisesti vakioidut toimintatavat tarkoittavat ylläpitoa. Kun taas toimintatapoja parannetaan, tapahtuu kehitystä.
- *Vakioidut toimintatavat asettavat tavoitteita.* Ne osoittavat, miten työ tulisi tehdä, jotta tiedetään, mitä tulisi tavoitella. Siksi toimintatapojen pitäisi olla selkeitä, jotta niitä on helppo noudattaa.
- *Vakioidut toimintatavat helpottavat koulutusta.* Toimintatapojen luomisen jälkeen seuraava vaihe on niiden kouluttaminen henkilöstölle. Koulutus helpottuu, kun toimintatavat tarjoavat sille pohjan. Koulutuksen jälkeen toimintatapojen osaaminen pitäisi olla selkärangassa.
- *Vakioidut toimintatavat luovat perustan auditoinnille.* Usein vakioidut toimintatavat ovat selkeästi näkyvillä kaikille, jolloin on helppo seurata työn edistymistä. Näin sekä työntekijät että johto saavat ajantasaista tietoa prosessin tilasta.
- *Vakioidut toimintatavat vähentävät variaatioita.* Vain vakioimalla työnteon voidaan välttyä siltä, että samoja virheitä ei tehdä uudelleen ja uudelleen. Kun ongelma on ratkaistu, täytyy ratkaisu vakioida, jotta ongelmaa ei enää ilmene. Tällä tavalla voidaan parantaa laatua. Vakioidut toimintatavat ovatkin tärkeässä osassa laadunhallinnassa.

### 3. LEAN-IMPLEMENTOINTI

Lean-implementoinnissa keskitytään asioihin, jotka olennaisesti vaikuttavat lean-periaatteiden soveltamiseen tuotantoympäristöön. Luvussa 3.1 esitellään implementointisuunnitelman merkitys. Luvussa 3.2 valotetaan nykytila-analyysia ja työkaluja implementoinnin tueksi. Luku 3.3 sisältää implementoinnin kriittiset menestystekijät ja haasteet. Luvussa 3.4 esitellään keinoja saavutettujen hyötyjen ylläpitämiseksi ja luvussa 3.5 on mainittu keskeisimpiä implementointia tukevia mittareita.

#### 3.1 Implementointisuunnitelma

Menestyksekkään lean-implementoinnin taustalla täytyy olla suunnitelma, jonka avulla muutos tapahtuu. Ilman suunnitelmaa mikä tahansa muutos epäonnistuu lähes varmasti. (Wilson 2010) Muutosten tulisi olla realistisia ja kohtuullisella aikavälillä suoritettavia toimenpiteitä, jotta motivaatio niiden tekemiseen säilyy (Hobbs 2003). Taulukossa 1 on esitetty suunnitelma, jonka tieto on kerätty analysoimalla lean-implementoinnissa menestyksekkäästi onnistuneita yrityksiä. Yksinkertaisuudessaan tärkeintä on löytää oikeat johtajat, joilla on oikea tieto. Tekemällä nopeita muutoksia arvovirtaan saadaan aikaan momentum, jota laajennetaan nopeasti muihinkin arvovirtoihin, kunnes koko yritys on käyty läpi. Tämän jälkeen on aika käydä läpi myös arvovirrat, jotka syntyvät yrityksen toimittajista ja jakelijoista. (Womack & Jones 1996) Luvuissa 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 ja 3.1.4 on käyty tarkemmin läpi taulukon 1 sisältöä. Taulukon 1 aikaväli ulottuu huomattavasti pidemmällä kuin diplomityön kesto. Taulukkoa hyödynnetään kuitenkin myös jatkokehitysehdotuksia esittäessä. Rother (2010) lisää kuitenkin, että vaikka implementointisuunnitelma on määritetty, ei sitä ole pakko toteuttaa kirjaimellisesti. Kaikkiin toimenpiteisiin liittyy epävarmuutta ja ainoastaan kokeilemalla voidaan olla varmoja menetelmien toimivuudesta käytännössä. Oleellisinta on reagointi muuttuviin tilanteisiin.

*Taulukko 1. Implementointisuunnitelman vaiheet ja aikataulu*

Vaihe	Toimenpide	Aikaväli
Toimeen ryhtyminen	Etsi muutosagentti	Ensimmäiset 6 kk
	Hanki lean-tietämys	
	Etsi keino muutoksen tekemiseen	

Määritä arvovirrat

Aloita muutosten tekeminen

Laajenna aluetta

Rakenna uusi organisaatio	Organisoi tuoteperheiden mukaan	6 kk ja 2v välillä
	Luo lean-osasto	
	Määritä käytäntö ylimääräisille ihmisille	
	Määritä kasvustrategia	
	Poista vastustelijat	
	Iskosta täydellisyyden mentaliteetti	
Ota mukaan taloushallinto	Ota käyttöön lean-kirjanpito	Vuodet 3 ja 4
	Suhteuta palkka yrityksen menestykseen	
	Luo läpinäkyvyys	
	Tee toimenpidelinjaukset	
	Opeta lean-ajattelu kaikille	
	Tee työkaluistasi oikeankokoisia	
Viimeistele muutos	Käytä näitä toimenpiteitä toimittajiisi ja jakelijoihisi	Viidennen vuoden loppuun mennessä
	Kehitä globaali strategia	
	Muutos organisaatiossa ylhäältä alas kehittämisestä alhaalta ylös lähtöisyyteen	



### 3.1.1 Toimeen ryhtyminen

Vaikeinta lean-implementoinnissa on alkuun pääseminen, jotta organisaatio saadaan vakuuttuneeksi menetelmän tehokkuudesta ja muutosvastarinnalta välttyttäisiin. Taulukon 1 mukaisesti tähän tarvitaan muutosagentti, joka on valmiina implementoimaan lean-tietämystä. Lisäksi yrityksessä täytyy olla jokin kriisi, joka mahdollistaa muutoksen. Arvovirtakuvauksien avulla tunnistetaan hukat, jotka poistetaan nopeasti koko yrityksestä.

*Muutosagentin* tulee olla sellainen henkilö, joka saa muutoksia varmasti aikaan. Joskus yrityksen sisältä löytyy sopiva henkilö, mutta usein hän tulee yrityksen ulkopuolelta. Kaikista ihmisistä ei ole tällaiseen tehtävään, mutta lyhyen etsinnän jälkeen tarpeeksi aikaansaava henkilö yleensä löytyy.

*Lean-tietämyksen* ei tarvitse välttämättä tulla muutosagentilta, mutta hänen täytyy olla valmiina käyttämään sitä. Tietoa leanista voi hankkia monella eri tavalla. Sitä käyttävät yritykset esittelevät yleensä mielellään yrityksiään. Myös konsultteja on saatavilla, mutta tällöin täytyy varmistua heidän pätevyystään ja halustaan auttaa yritystä pidemmällä tähtäimellä. Tärkeintä on, että muutosagentti ja yrityksen ylin johto ymmärtävät lean-ajattelun niin, että se on heidän selkärangassaan. Muutoin ensimmäisten vastoinkäymisten sattuessa koko projekti voi kaatua.

*Muutoksen tekemiseen* tarvitaan jokin kriisi yrityksessä, jotta organisaatio on valmiina vastaanottamaan uudet ajatukset. Kriisi voi olla myös pienessä osassa yritystä, josta muutoksen voi aloittaa. Kun hyviä tuloksia on saatu, voidaan muutkin osastot perehdyttää tehtyihin toimiin. Jos yrityksessä ei ole kriisiä, voi sellaisen luoda myös itse, esimerkiksi hinnoittelemalla tuotteensa halvemmiksi. Tällöin kustannuksia täytyy myös alentaa.

*Arvovirtakuvaus* (VSM) tulee tehdä nykyisille toiminnoille tuoteperhe kerrallaan, jotta kaikki hukka paljastuu. Tärkeää on mennä koko virta loppuun asti, jotta ei optimoida vain pientä osaa toiminnoista. Huomioon tulee ottaa siis arvovirta raa'asta materiaalista aina asiakkaalle saakka.

*Aloita muutosten tekeminen* (jpn. kaikaku) yritykselle mahdollisimman tärkeästä osasta, jonka suorituskyky on heikko. Tällä muutokset saadaan nopeasti näkyviin ja kehittämisen varaa on paljon. Ota mukaan kaikki työntekijät valitulta alueelta, jotta he oppisivat lean-ajattelua. Fyysisestä tuotannosta on helpompi aloittaa, koska siellä muutokset ovat helpommin nähtävissä. Esimerkiksi jonkin tietyn tuotteen kokoonpanosta on helppo aloittaa.

Vaativalla nopeita tuloksia pitäisi muutosten syntyä nopeasti. Tämä on tärkeää, että työntekijöille syntyisi psykologisen virtauksen tunne ja momentum muutokselle syntyisi organisaatioon. Ei siis kannata alkaa simuloimaan tai benchmarkkaamaan virtauksia, ja käyttämään näihin aikaa. Sen sijaan pitäisi tunnistaa hukat ja tehdä muutokset

välittömästi. Jos ensimmäisen viikon jälkeen ongelmaosaston ratkaisussa ei ole tapahtunut dramaattisia parannuksia, joko muutosagentti tai lean-tiedot ovat puutteellisia.

*Laa Jenna aluetta* heti, kun momentum on saavutettu. Heti, kun ensimmäiset parannukset on tehty on tärkeää aloittaa soveltamaan samoja menetelmiä koko tuoteperheen arvovirralla. Fyysisen tuotannon virtauksen jälkeen täytyy siirtyä toimiston puolelle, jotta tilauksetkin saadaan virtaamaan. Myös aikaavievään tuotekehitykseen on syytä soveltaa lean-menetelmiä. (Womack & Jones 1996)

### 3.1.2 Uuden organisaation rakentaminen

Johtajat, jotka eivät täysin ymmärrä lean-ajattelua luulevat, että lean-periaatteita nopeasti soveltamalla eri toimintoihin saadaan koko yritys leaniksi. Todellisuudessa se on vasta ensimmäinen askel ja seuraava askel on luoda organisaatio, joka kehittää ja pitää yllä arvovirtoja, kuten taulukossa 1 on esitetty. Tätä varten organisaatio täytyy järjestää tuoteperheiden mukaan. Perustettava on myös lean-osasto, jonka tehtävä on osaamisen takaaminen. Muutosten myötä ylimääräisiä työntekijöitä ja muutosten vastustajia ilmaantuu. Heidän käsittelemiseen täytyy määrittää käytäntö. Kasvustrategian avulla yritykselle asetetaan päämäärä, mutta sitäkin tärkeämpää on luoda ajattelumalli, jossa tavoitellaan täydellisyyttä, mutta pienet epäonnistumiset kuitenkin sallitaan.

*Tuoteperheiden* mukaisessa organisaatiossa yksikkö on selkeästi vastuussa tietyistä tuotteista. Organisaation tärkein tehtävä on saada tuotteet virtaamaan sujuvasti asiakkaille. Jokaisen tuotetiimin tulisi sisältää kaikki toiminnot tuotteeseen liittyen. Myynnin, tuotekehityksen, tuotannon ja oston tulisi muodostaa tiimi, jotta kaikki saadaan työskentelemään yhdessä samaa päämäärää kohti.

*Lean-osaston* tehtävänä on taata jatkuva koulutus ja arvionti muutoksia tekeville henkilöille. Ylimääräiset työntekijät, joita vapautuu tehostustoimenpiteiden myötä, tulisi sijoittaa tähän yksikköön. Laatutoimintojen yhdistäminen tähän yksikköön suositellaan, jotta kaikkia suorituskyvyn mittareita voidaan arvioida samanaikaisesti.

*Ylimääräisiä työntekijöitä* vapautuu aina noin puolet nopeasti, kun lean otetaan käyttöön ja lisää vapautuu, kun toimintaa tehostetaan edelleen. Aluksi täytyykin siis päättää tarvittava määrä työntekijöitä ja siirtyä välittömästi tälle tasolle. Tämän jälkeen on luvattava, että enempää irtisanomisia ei tule leanin vuoksi. Kehitystoimenpiteiden vuoksi lisää ihmisiä tulee kuitenkin tarpeettomiksi tehtävissään, jolloin heidät tulee siirtää lean-osastoihin ja muihin tehtäviin organisaatiossa.

*Kasvustrategian* avulla yritys pystyy hyödyntämään resurssejaan sitä mukaa, kun niitä syntyy. Yrityksen tilanteesta riippuu, mihin nämä resurssit kannattaa laittaa. Kustannussäästöjen avulla voi esimerkiksi yrittää kasvattaa myyntiä laskemalla hintoja. Toinen vaihtoehto on keskittyä lyhentämään läpimenoaikaa, jolloin voidaan toimittaa

juuri oikeaan aikaan ja juuri mitä asiakas haluaa. Yksi vaihtoehto on lisätä huolto- ja palvelutoimintoja perinteisen tuotannon lisäksi. Yleensä lean-yritykset haluat pyrkiä näihin kaikkiin strategioihin. Tärkeää on kuitenkin määritellä yrityksen strategia vasta, kun on nähty saavutetut vaikutukset yrityksessä, jotta ei päädytä epätoivoisiin tavoitteisiin.

*Vastustelijoiden poistaminen* organisaatiosta on raakaa, mutta välttämätöntä, jotta hyviä tuloksia voidaan saavuttaa. Jotkut hyväksyvät nopeasti uudet ajatukset, mutta suurin osa ihmisistä ei osaa päättää. Sen lisäksi on pieni osa, jotka eivät koskaan hyväksy muutoksia. Tämä pieni osa työntekijöistä yrittää saada suuren osan ihmisiä kääntymään puolelleen ja estää täten koko prosessin. Tämä pieni osa vastustelijoita tulisikin poistaa yrityksestä mahdollisimman nopeasti.

*Täydellisuuden* tavoittelusta täytyy tulla työntekijöille arkipäivää. Kun kehitystoimenpiteet on käyty kerran läpi, muutaman kuukauden kuluttua on tarpeen tehdä ne uudelleen. Lean-muutoksen alkuvaiheessa on lean-osastoilla tärkeä tehtävä uusien kehityskohteiden valinnassa. Ajan myötä kuitenkin kaikkien työntekijöiden tärkeimmäksi tehtäväksi tulisi muodostua toimintojensa kehittäminen. Johdon tehtävä ei enää tulisikaan olla variaatioiden välttäminen, vaan ongelmien juurisyiden ratkominen. (Womack & Jones 1996)

### 3.1.3 Taloushallinnon mukaan ottaminen

Kun momentum on saavutettu ja organisaatio on järjestetty uudelleen, on lean-implementointi jo pitkällä. Jotta muutoksesta saataisiin pysyvä, lisää tehtäviä on vielä edessä taulukossa 1 esitetyllä tavalla. Kun ensimmäinen muutosvastarinta on ohitettu, täytyy koko ajan ilmeneviä kehitystoimenpiteitä alkaa priorisoimaan. Oikeanlaisella palkitsemisella taataan, että kehitystä tapahtuu myös jatkossa. Jotta osattaisiin kehittää oikeita asioita, täytyy organisaation olla mahdollisimman läpinäkyvä. Koulutusta ei saa unohtaa, jotta jokainen työntekijä yrityksessä osaa lean-ajattelun. Arvovirta täytyy käydä läpi, jotta kaikki käytettävät työkalut ovat oikeanlaisia.

*Toimenpidelinjaukset* tulevat tarpeeseen, kun on päästy alkuun ja hyviä tuloksia on saavutettu. Usein käy niin, että samaan aikaan yritetään tehdä liikaa toimenpiteitä, jolloin kaikki toimenpiteet kärsivät. Sen sijaan tulisi valita muutama toimenpide, joka on tavoitteena suorittaa vuoden aikana. Haasteita aiheutuu, jos organisaatio haluaa tehdä joitain muutoksia, jotka eivät vielä ole ajankohtaisia. Tällöin täytyy luvata, että näihin asioihin puututaan esimerkiksi ensi vuonna.

*Lean-kirjanpidon* luominen helpottaa hahmottamaan, onko edistystä saavutettu. Kustannukset pitäisi pyrkiä kohdistamaan arvovirralla tai tuotteelle. Niin myynnin, tuotekehityksen, oston kuin tuotannonkin kustannukset pitäisi saada kohdistettua tällä tavalla, jotta voidaan tietää aiheutetaanko kustannuksia enemmän kuin luodaan arvoa.

*Palkan suhteuttaminen yrityksen menestykseen* lisää työntekijöiden motivaatiota. Kaikista yksinkertaisin ja halvin tapa on yleensä paras. Tämä tarkoittaa peruspalkan lisäksi suoraa bonusta yrityksen tuloksesta. Monimutkaisia laskentatapoja bonuksiin ei kannata käyttää, koska laskenta aiheuttaa itsessään hukkaa. Myös eriarvoiset bonukset eri osissa yritystä on huono ajatus, koska usein työntekijöitä joudutaan siirtelemään paikoista toisiin.

*Läpinäkyvyyden luominen* on tärkeää, että erityisesti kehitys saadaan näkymään kaikille yrityksessä. Ajantasaisen ilmoitustaulun ylläpitäminen on kriittistä, jotta työntekijät tietävät koko ajan mitä yrityksessä tapahtuu. Taulujen ei tarvitse olla monimutkaisia. Yksinkertaisillakin kaavioilla saadaan yrityksen tila selkeästi viestittyä.

*Lean-ajattelun opettaminen kaikille* heijastuu suoraan yrityksen kehittymiseen ajan kuluessa. Jotta tuloksia saadaan aikaan, täytyy lean-ajattelu ja yrityksen arvovirratt ymmärtää perinpohjaisesti. Jos esimerkiksi tuotannon työntekijöitä pyydetään toteuttamaan kehitystoimenpiteitä, on heidän näkemyksensä arvovirrasta usein liian suppea. Tämän vuoksi tarvitaan erityislaatuista koulutusta juuri tietyn yrityksen tarpeisiin.

*Oikeankokoisten työkalujen tekemisellä* ei tarkoiteta vain fyysisiä työkaluja, vaan kaikkia yrityksen toimintoja, esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmä tai jopa organisaatioyksikkö voidaan nähdä työkaluna. Kaikkein suurimmat ja nopeimmat työkalut soveltuvat vanhanaikaiseen erätuotantoon. Jotta virtaus saadaan todella aikaiseksi, yksinkertaiset työkalut ovat usein parempia, koska ne vaativat pienemmät asetukset. (Womack & Jones 1996)

### **3.1.4 Muutoksen viimeistely**

Kun lean-muutos alkaa olla valmiina taulukon 1 mukaisesti, on aika varmistaa, että toimittajat ja jakelijat toimivat samalla tavalla. Arvon muodostaminen mahdollisimman lähellä asiakasta vähentää hukkaa, kun toimitaan globaaleiden asiakkaiden kanssa. Lean-ajattelun muodostuminen organisaatiossa alhaalta ylös on tärkeämpää kuin ylhäältä alaspäin.

*Toimittajien ja jakelijoiden muutos lean-ajatteluun* on seuraava askel, kun oma yritys alkaa olla kunnossa. Sisäisillä kehitystoimilla voidaan tyypillisesti päästä vain noin kolmanneksen parannuksiin kustannuksissa ja läpimenoajassa. Loppuja parannuksia täytyy etsiä yrityksen ulkopuolisista arvovirroista. Toimittajien kilpailuttaminen ei ratkaise ongelmaa. Sen sijaan pitäisi pyrkiä korjaamaan toimittajien toiminnot lähettämällä avuksi yrityksen omat lean-asiiantuntijat. Avusta ei kannata laskuttaa, vaan sen sijaan sopia tulevien säästöjen jakamisesta yhdessä. Kun toimittajan organisaatio on käynyt lean-muutoksen läpi, täytyy toimittajan tehdä sama omalle toimittajalleen niin, että tuotteen koko arvovirta tulee käytyä läpi.

*Globaali lean-strategia* tulee kehittää, mikäli tuotteen markkinat ovat globaalit. Leanin avulla pyritään saamaan asiakkaalle juuri, mitä hän haluaa ja milloin haluaa. Tämän vuoksi globaalin strategian tulisi sisältää jokaiselle suurelle markkina-alueelle oma suunnittelu-, tilaus- ja tuotantojärjestelmä. Tällä tavoin päästään mahdollisimman lähelle asiakasta ja varmistetaan, että kaikki toiminnot toimivat yhdessä asiakkaan hyväksi.

*Muutos organisaatiossa ylhäältä alas kehittämisestä alhaalta ylös lähtöisyyteen* on väistämätöntä, kun työntekijät oppivat paremmin käyttämään taitojaan. Aluksi ylhäältä päin tulleet tarpeet muutoksille muuttuvat ajan myötä työntekijöiden itse ratkottaviksi ongelmiksi. Lean-osasto auttaa enää vain vaikeimmissa tapauksissa, joissa tarvitaan ulkopuolista apua.

Tällä tavalla koko yritys on läpikäynyt muutoksen, jonka jälkeen johto muodostuu valmentajista ja työntekijät ovat oma-aloitteisia ja ratkovat itse ongelmansa. Tällä tavalla voidaan taata organisaation jatkuva kehittyminen. Tässä vaiheessa muutosagentti saattaa muodostua suurimmaksi ongelmaksi, jos hän jatkaa muutoksen käskemistä ylhäältä, kun työntekijät osaisivat itsekin hoitaa tilanteen. Tällöin muutosagentin tulee joko muuttaa käytöstään tai jatkaa toiseen yritykseen. (Womack & Jones 1996)

## **3.2 Nykytila-analyysi ja työkalut implementointiin**

Ennen implementointia on suositeltavaa analysoida prosessia, jotta saadaan selville sen nykytila. Nykytila-analyysia varten täytyy prosessista kerätä luotettavaa informaatiota, jota ovat esimerkiksi vaihe- ja läpimenoajat. (Wilson 2009) Keskeinen työkalu analyysin tekemiseen on arvovirtakaavio, jonka avulla voidaan tuoda ilmi arvoa tuottavat vaiheet prosessissa. Arvovirtakaaviossa kuvataan tuotteen ja siihen liittyvän informaation virtaus läpi koko arvoketjun. Sen avulla voidaan hahmottaa hukan lähteitä. (Rother & Shook 1998) Arvovirtakaaviossa jotkin hukan lähteet saattavat jäädä kuitenkin huomioimatta, joten muitakin työkaluja kannattaa käyttää apuna. (Wilson 2009) Seuraavissa luvuissa on esitelty muutamia työkaluja, joita voi käyttää analyysin tukena.

### **3.2.1 Tuotteiston ryhmittely virtausta tukeväksi**

Hyödyllinen työkalu virtauksen implementointiin on Glenday Sieve -menetelmä. Se jakaa tuotteet myyntivolyymin mukaisesti neljään eri kategoriaan taulukon 2 mukaisesti. Monista tuntuu uskomattomalta, että hyvin pienellä osuudella tuotteista saadaan aikaan niin suuri osa myynnistä. Näin asia kuitenkin yleensä on, joten on selvää, että implementointi kannattaa aloittaa näistä tuotteista. (Glenday 2005)

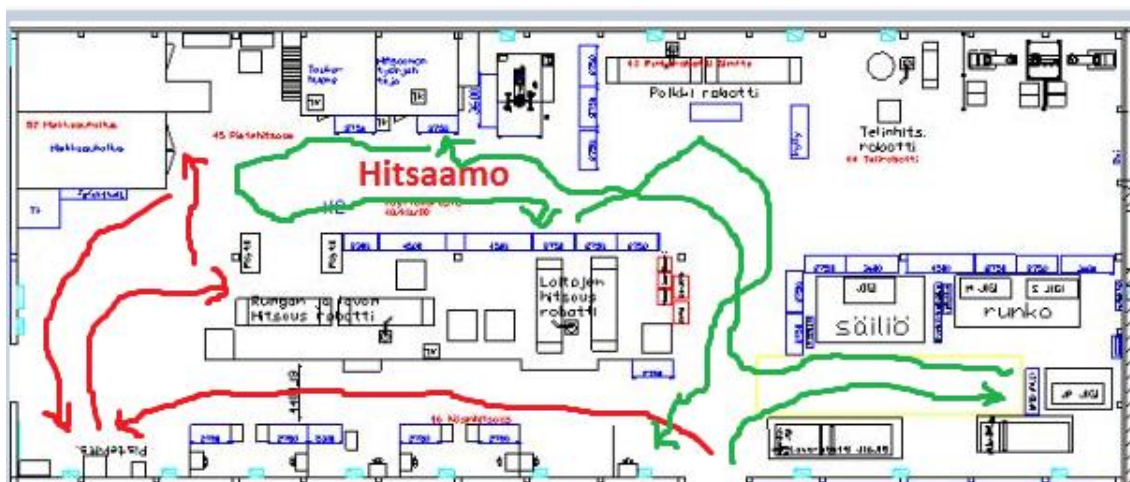
**Taulukko 2.** *Glenday Sieve -menetelmällä eritelty tuotteisto (Glenday 2007)*

Kumulatiivinen osuus myynnistä	Kumulatiivinen osuus tuotteistosta	Värikoodi
50%	6%	Vihreä
95%	50%	Keltainen
99%	70%	Sininen
Jäljelle jäävä 1%	30%	Punainen

*Vihreiden* tuotteiden osuus myynnistä on 50 prosenttia, mutta osuus tuotteista on vain 6 prosenttia. Ne ovat korkean volyymin tuotteita, joiden arvovirrat kannattaa käydä tarkkaan läpi hukkien poistamiseksi. *Keltaiset* tuotteet läpikäymällä päästään jo kumulatiiviseen 95 prosenttiin myynnistä vain 50 prosentilla tuotteista. Niiden osalta on järkevää miettiä esimerkiksi eräkokoja ja asetusajoja. *Siniset* tuotteet kattavat vain 4 prosenttia myynnistä 20 prosentilla tuotteista. Niihin kannattaa uhrata vain vähän resursseja, esimerkiksi tarjottavia värejä voi miettiä. *Punaisten* tuotteiden osuus myynnistä on vain 1 prosentti, joka saavutetaan 30 prosentilla tuotteista. Näiden osalta tulee tarkastella, ovatko tuotteet ylipäättään kannattavia valmistaa, kun otetaan huomioon kaikki aiheutuvat kustannukset. (Glenday 2005)

### 3.2.2 Spagettidiagrammi

Spagettidiagrammin avulla voidaan kuvata henkilöiden tai koneiden, kuten trukin liikettä tehtaalla. Sen avulla voidaan tuoda esille kuljetuksia ja liikkeitä, jotka aiheuttavat hukkaa. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki spagettidiagrammista. Siinä eri henkilöiden reitit on kuvattu eri väreillä. (John et al. 2008)



**Kuva 7.** Esimerkki spagettidiagrammin käytöstä (perustuu lähteeseen John et al. 2008)

Spagettidiagrammia voidaan käyttää ongelmien analysointiin ja sen avulla tuotannon kehittämiseen. Layoutia voidaan esimerkiksi muuttaa siten, että ylimääräisiltä siirroilta välttyttäisiin. (John et al. 2008)

### 3.2.3 Asetusaikojen lyhentäminen

Asetusajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu edellisen erän viimeisen kappaleen valmistamisesta seuraavan erän ensimmäisen kappaleen valmistamiseen toivotulla nopeudella ja laadulla. Jotta eräkojoja voitaisiin pienentää, täytyy asetusaajat saada minimoitua. Asetusajan lyhentämiseen voidaan käyttää SMED-menetelmää.

SMED:ssä ensin jaotellaan asetusaikaan kuuluvat toiminnot sisäisiin ja ulkoisiin. *Sisäiset* toiminnot voi tehdä vasta, kun edellinen erä on valmistunut. Näitä ovat esimerkiksi työstökoneen työkalujen vaihdot. Sen sijaan *ulkoiset* toiminnot voi tehdä samaan aikaan, kun edellistä erää vielä valmistetaan. Ulkoisia toimintoja ovat esimerkiksi materiaalien valmistelut.

Kun sisäiset ja ulkoiset asetusajan toiminnot on määritetty, on aika ryhtyä muuttamaan sisäisiä toimintoja ulkoisiksi. Esimerkiksi materiaalien ja tiedon etsimiseen kuluu usein paljon asetusaikaa. Jäljelle jäävät sisäiset toiminnot täytyy tehdä mahdollisimman helpoiksi ja nopeiksi hoitaa, jotta prosessin virtaus ei häiriinny liikaa. (John et al. 2008)

## 3.3 Implementoinnin kriittiset menestystekijät ja haasteet

Lean-implementoinnin kriittisiä menestystekijöitä ovat Wilsonin (2010) mukaan johdon sitoutuminen, kulttuurilliset tekijät ja ongelmanratkaisu. Lisäksi vastuunjakojen epäselvyys ja sisäisen viestinnän puute ovat keskeisimpiä haasteita (Boyle et al. 2009, Demeter et al. 2008) Tärkeintä on osaava johto, joka on todella sitoutunut muutoksen tekemiseen. Kulttuurisia tekijöitä ei pidä väheksyä, vaan ne täytyy osata ottaa huomioon

suunnitelmia tehtäessä. Ongelmanratkaisu korostuu muutosta tehtäessä, jotta esiin nousevista ongelmista selvittää. (Wilson 2010) Vastuunjakojen epäselvyys saattaa aiheuttaa päällekkäisiä töitä ja ristiriitaista tavoitteiden asettelua (Boyle et al. 2009). Sisäisen viestinnän merkitys korostuu, ettei tietämättömyys aiheuta henkilöstössä epävarmuutta (Achanga et al. 2005).

### **3.3.1 Johdon ja henkilöstön sitoutuminen**

Yksi lean-implementoinnin onnistumisen kulmakivistä on johdon sitoutuminen tehtävään. Johdon sitoutuminen näkyy ennen kaikkea siinä, miten kehitystoimenpiteet otetaan vastaan henkilöstössä. Johdon toiminnalla on myös paljon vaikutusta työntekijöiden motivaatioon. (Doolen & Worley 2006) Johdon täytyy toimia implementointisuunnitelman mukaisesti epäonnistumisista huolimatta. Johdon täytyy myös onnistua saamaan koko yrityksen henkilökunta mukaan uuteen filosofiaan. Osallistuminen yhteisen päämäärän tavoitteluun täytyy vielä tapahtua niin, että kaikki tekevät sitä omasta tahdostaan eikä sen vuoksi, että niin täytyy tehdä. (Wilson 2010) Johdon ja henkilöstön välille täytyy muodostua tiivis yhteistyö ja luottamus. Tällainen luottamus voi olla vaikeaa saavuttaa aikaisempien huonojen väliden vuoksi. (Krajewski & Ritzman 1996) Tätä voidaan kuitenkin korjata johdon osalta esimerkiksi antamalla täysi tuki kehitystiimille (Boyle et al. 2009).

### **3.3.2 Kulttuuriset tekijät**

Oli kyse sitten lean-implementoinnista tai mistä tahansa kulttuurillisesta muutoksesta on varmaa, että muutosvastarintaa esiintyy. Jokainen kulttuuri kaipaa pysyvyyttä. Sen vuoksi on luonnollista, että vastustusta löytyy. Muutos on helpointa silloin, kun se on pakon sanelemaa. Ilman pakkoa muutos tapahtuu monesti huomattavasti hitaammin. Siksi kulttuurin täytyisi muuttua sellaiseksi, että ymmärretään, että muutosta tarvitaan, jotta voidaan selviytyä. Teollisuus ja kilpailijat kehittyvät, ja jos kehityksessä haluaa pysyä mukana, on pakko muuttua. Tärkeintä on siis henkilöstön motivaatio muutokseen ja kulttuuri, joka tukee tätä. (Wilson 2010)

Lean-filosofian kantavana ajatuksena on työskentely yhdessä saman päämäärän vuoksi. Tällöin tiimityöskentely korostuu. Tämä voi olla vaikeaa yksilöille, jotka ovat tottuneet toimimaan itsenäisesti. (Imai 1997) Horisontaaliset tuotetiimit rikkovat vanhoja eri osastojen välisiä rajoja. Monille voi olla vaikeaa sopeutua tähän, koska esimerkiksi vanhoja osaston sisällä eteneviä urapolkuja ei enää ole.

Horisontaalisen tiimityöskentelyn lisäksi haastavaa on saada vertikaalinen yhteistyö eri yritysten välillä toimimaan. Yritykset ovat tottuneet ajattelemaan vain itseään ja pitämään kilpailuetunsa salaisina. Tämän vuoksi on haasteellista saada tuotteen koko arvovirtaketju eri yritysten välillä toimimaan ja kehittämään yhdessä. (Womack & Jones 1996)



### 3.3.3 Ongelmanratkaisu

Kolmas implementointiin vaadittu tekijä on asiantunteva ongelmanratkaisu. Kaikkien työntekijöiden on kyettävä yksinkertaisten ongelmien ratkaisuun. Monimutkaisia ongelmia varten täytyy olla kuitenkin erittäin lahjakkaita ongelmanratkaisijoita. Ongelmina pidetään kaikkea, milloin ei päästä tavoitteisiin.

Implementoinnin alkuvaiheessa ongelmia tulee ilmi jatkuvasti. Tällöin tarvitaan nopeita ratkaisuja, jotta implementointi etenee. Helpointa on, kun lahjakkaat ongelmanratkojat ratkovat itsenäisesti ongelmia. Heillä täytyy olla tarvittavan lean-tietämyksen lisäksi teknisiä taitoja ja ennen kaikkea erittäin hyvät ongelmanratkaisutaidot.

Myöhemmässä implementoinnin vaiheessa on järkevää muodostaa pieniä ryhmiä ratkomaan ongelmia. Saavutettujen hyötyjen ylläpitämisen ja jatkuvan kehittymisen kannalta tämä on erittäin tärkeää. Ongelmanratkaisun pitäisi iskostua yrityksen kulttuuriin, jotta jokainen työntekijä pyrkisi ratkomaan ongelmia niiden ilmetessä. (Wilson 2010)

### 3.3.4 Vastuunjakaminen ja sisäinen viestintä

Monesti yrityksissä on useita samanaikaisia kehitysprojekteja. Tällöin on ensiarvoisen tärkeää, että kaikkia projekteja johdetaan kokonaisuutena, jotta päällekkäistä työtä ei synny ja kaikilla projekteilla on yhteinen tavoite. Ilman selkeää vastuunjakoja aiheutuu paljon hukkaa sekä henkilöstön turhautumista, mikä saattaa aiheuttaa muutosvastarintaa. (Boyle et al. 2009)

Sisäisen viestinnän puute voi aiheuttaa epävarmuutta henkilöstössä (Achanga et al. 2005). Koska kehitystoimet vaikuttavat työntekijöiden työskentelyyn, on oleellista tiedottaa heitä tulevista muutoksista (Doolen & Worley 2006). Apuna henkilöstön tiedottamisessa voi käyttää ilmoitustauluja ja tv-näyttöjä. Lisäksi on myös saatava tietoa työntekijöiltä johdon suuntaan, jotta voidaan varmistua kehitystoimien onnistumisesta. (Harris 2008) Kertomalla henkilöstölle muutoksen tavoitteet ja syyt, saadaan työntekijöiden näkemyksiä esille ja voidaan kerätä palautetta. Tällä tavalla muutoksen tekemistä voidaan kehittää edelleen. (Dyer 1984) Avoimen kommunikoinnin avulla ihmiset voivat myös ilmaista tunteitaan ja niiden syitä voidaan käsitellä. Näin muutosvastarintaa saadaan pienennettyä. (Clarke 1994, Honkanen 2006)

## 3.4 Saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen

Lean-filosofian hyödyt ovat suuret, mutta ongelmia voi muodostua pitkäänkin implementoinnin jälkeen (Krajewski & Ritzman 1996). Mikäli jatkuvaan parantamiseen pyrkivää kulttuuria ei ole saatu iskostettua henkilöstöön, jää kehitystoimien tuoma hyöty usein hetkelliseksi. (Drew et al. 2004) Kehitystoimet myös usein loppuvat, kun selkeät

hukan lähteet on käyty läpi tuotannossa. Tämän lisäksi olisi kuitenkin tärkeää kehittää myös organisaation muita osa-alueita, kuten tilaus-toimitus- ja tuotekehitysprosesseja. (Ruffa 2008) Erittäin tärkeää on työntekijöiden suuri pysyvyys yrityksessä, joka lisää kehittymisen mahdollisuutta ja vähentää variaatioita. Tarvitaan kuitenkin selkeät toimenpiteet, joiden avulla saavutetut hyödyt voidaan ylläpitää. (Wilson 2010) Nämä viisi toimenpidettä on esitetty seuraavassa Wilsonin (2010) mukaisesti:

1. Vakioidut työmenetelmät
2. Koulutus työmenetelmiin
3. Läpinäkyvä prosessi
4. Jatkuvat prosessin tarkistukset johdon toimesta
5. Säännöllinen auditointi

*Vakioidut* ja toimivat työmenetelmät ovat kaiken perusta. Kaikelle toimenpiteille, joita tarvitaan yrityksen pyörittämiseen tulisi olla vakioidut menetelmät. Työohjeiden täytyy olla kirjattuna niin, että kaikki ymmärtävät ne. Niiden täytyy myös olla auditointikelpoisia.

*Koulutus* toimintatapoihin tulee tehdä huolellisesti niin, että kaikki vaaditut tehtävät on koulutettu. Koulutuksen lopuksi on tärkeää testata suoriutuminen tehtävistä oikeissa olosuhteissa.

*Läpinäkyvä prosessi* on avainasemassa ongelmien havaitsemisessa. Ongelmien havaitsemisen lisäksi on tärkeää pystyä näkemään, mistä ongelma johtuu, jotta se voidaan ratkaista. Siksi prosessin mittareiden täytyy olla tarpeeksi tarkkoja, mutta kuitenkin riittävän yksinkertaisia. Esimerkiksi tiettyä vaiheikaa vaadittaessa täytyy kaikille olla selkeästi näkyvillä mahdollisimman reaaliaikainen mittari, joka kertoo, miten tässä on suoriuduttu.

*Prosessin tarkistus* johdon toimesta päivittäin on ensiarvoisen tärkeää, koska toimistossa istumalla ei huomaa kaikkea, mitä tehtaalla tapahtuu. Siksi kaiken tasoisen johdon tulisi viettää mahdollisimman paljon aikaa tuotannossa. Lattiatasolla ei opi vain tuotannon ongelmista, vaan kaikesta, mitä siellä tapahtuu: ihmisistä, prosessista ja tuotteesta. Tämä kaikki on erittäin tärkeää liiketoiminnan kehittymisen kannalta.

*Säännöllinen auditointi* tulee tehdä, jotta voidaan varmistua prosessin toimivuudesta ja opettaa työntekijöitä. Auditoinnista ei ole paljon hyötyä, jos tarkoituksena on vain etsiä virheet. Tämän lisäksi täytyy selvittää, mistä virheet johtuvat ja aloittaa toimet niiden korjaamiseksi. Korjaamista täytyy seurata niin kauan, että ollaan tyytyväisiä. Myös korjaustoimenpiteet täytyy auditoida. (Wilson 2010)

### 3.5 Implementointia tukevat mittarit

Jokaiselle yritykselle tulisi kehittää juuri sille sopivat mittarit, jotka tukevat sen tavoitteita (Dewayne 2009). Implementointia ajatellen mittareiden tulisi siis viestiä saavutetut tulokset koko yritykselle. Niiden tulee olla tarpeeksi selkeitä, että voidaan nopeasti nähdä, ollaanko tavoitteet saavutettu. (Imai 1997) Mittareiden avulla voidaan myös todentaa ongelmia prosessissa. Ongelmia voi löytyä esimerkiksi koneiden toimivuudesta ja työntekijöiden toiminnasta. (Cadavid & Duque 2007, Hauser & Katz 1998)

Yksi merkittävimmistä implementointia tukevista mittareista on toimitusvarmuus (Minter 2010). Sen avulla voidaan mitata kykyä toimittaa tuote asiakkaalle aikataulun mukaisesti. Tällä mittarilla voidaan siis suoraan mitata kykyä tuottaa asiakkaalle arvoa. (Baggaley 2006) Kuljetusmatkoja ja käytettävää lattiapinta-alaa voidaan mitata hukkien selvittämiseksi (Wilson 2010). Muita oleellisia prosessin tilaa kuvaavia mittareita ovat vaiheajat, läpimenoajat ja tuottavuus. Vaiheajalla kuvataan tiettyyn vaiheeseen kuluva aikaa, kun taas läpimenoajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, joka tuotteella kestää kulkea prosessin läpi. (Dewayne 2009)

Tuottavuus on tehokkuuden mittari, joka kuvaa sen perustulokkeen mukaan tuotoksen ja panoksen suhdetta kaavan 1 mukaisesti (Anderson 2012).

$$\text{tuottavuus} = \frac{\text{tuotos}}{\text{panos}}, \quad (1)$$

missä tuotoksella tarkoitetaan mitä tahansa prosessista ulos saatavaa tietoa ja panoksella prosessiin syötettävää tietoa. Tuottavuus on siis hyvin tulkinnan varainen käsite. (Anderson 2012) Sillä voidaan esimerkiksi tarkoittaa valmistuneiden tuotteiden määrää suhteessa työntekijöiden määrään (Dewayne 2009).

Tuottavuuden voidaan nähdä tarkoittavan myös kaavan 2 mukaisesti tuotoksen ja tavoitteen suhdetta (Anderson 2012).

$$\text{tuottavuus} = \frac{\text{tuotos}}{\text{tavoite}}, \quad (2)$$

missä tuotos voi edelleen olla mikä tahansa ulostulo, jota verrataan tavoiteltavaan arvoon (Anderson 2012).

Diplomityön kohdeyrityksessä on tulkittu tuottavuutta kaavalla 3, joka mukailee kaavaa 2.

$$\text{tuottavuus} = \frac{\text{suunniteltu työaika}}{\text{toteutunut työaika}}, \quad (3)$$

jossa toteutunut aika on todellinen mitattu aika, joka prosessiin kului. Suunniteltu aika tarkoittaa ennalta määritettyä nimikekohtaista tavoiteaikaa, joka pysyy vakiona. Tällä tavalla tuotannon tehokkuutta voidaan mitata toteutuneen ajan ja tavoiteajan suhteena.

Edelleen tuottavuuden voidaan nähdä pitävän sisällään kaiken, mikä saa organisaation toimimaan paremmin (Anderson 2012). Tätä tulkintaa on käytetty kohdeyrityksessä määriteltäessä kokonaistehokkuuden mittari kaavan 4 mukaisesti.

$$\text{kokonaistehokkuus} = \frac{\text{suunniteltu työaika}}{\text{toteutunut kokonaistyoaika}}, \quad (4)$$

missä molempiin aikoihin kuuluvat koko tehtaan työntekijöiden työajat. Ne on määritetty samalla tavalla kuin kaavassa 3. Kaava 3 kuitenkin koskee vain tiettyä prosessia, kun taas kaava 4 koko tehdasta. Toisin kuin kaavaan 3, kaavaan 4 kuuluu myös kaikki arvoa tuottamaton työaika. Tällä tavoin kokonaistehokkuus paranee, kun arvoa tuottamaton työ vähenee. Sekä kokonaistehokkuudesta että tuottavuudesta on kohdeyrityksessä käytössä palkkiojärjestelmä, joka kannustaa toiminnan parantamiseen.

## 4. TUTKIMUSYMPÄRISTÖN ESITTELY

Diplomityön kohdeyrityksenä oli Junkkari Oy. Kohdeyritys valmistaa maa- ja metsätaloustuotteita Etelä-Pohjanmaalla, Kauhavan Ylihärmässä. Kohdeyrityksen tuotteisiin kuuluvat kylvölannoittimet, kippivaunut, metsäperävaunut ja –kuormaimet, hakkurit sekä hapottimet. Luvussa 4.1 on kuvattu lyhyesti diplomityössä esiintyviä tuotteita. Luvussa 4.2 on esitelty yrityksen layoutia ja tuotantojärjestelmää.

### 4.1 Tuotteet

Kuvassa 8 näkyy esimerkki kylvölannoittimesta, jota käytetään viljan siemenien ja lannoitteen kylvämiseen. Kylvölannoittimesta on eritelty kuvassa 8 diplomityön kannalta kaksi oleellisinta osaa, eli jyräpyörästä ja säiliö. Jyräpyörästä tehtävänä on tiivistää kylvetty maa. Säiliöön varastoidaan kylvettävät siemenet ja apulanta.



**Kuva 8.** Esimerkki kylvölannoittimesta ja sen oleellisimmat osat (Junkkari Oy:n kotisivu)

Kuvassa 9 on esimerkki kippikärrystä. Kärryjä voidaan käyttää monenlaisen tavaran siirtoihin. Kärryn osista lava ja laidat liittyvät diplomityöhön.



*Kuva 9. Esimerkki kippikärrystä (Junkkari Oy:n kotisivu)*

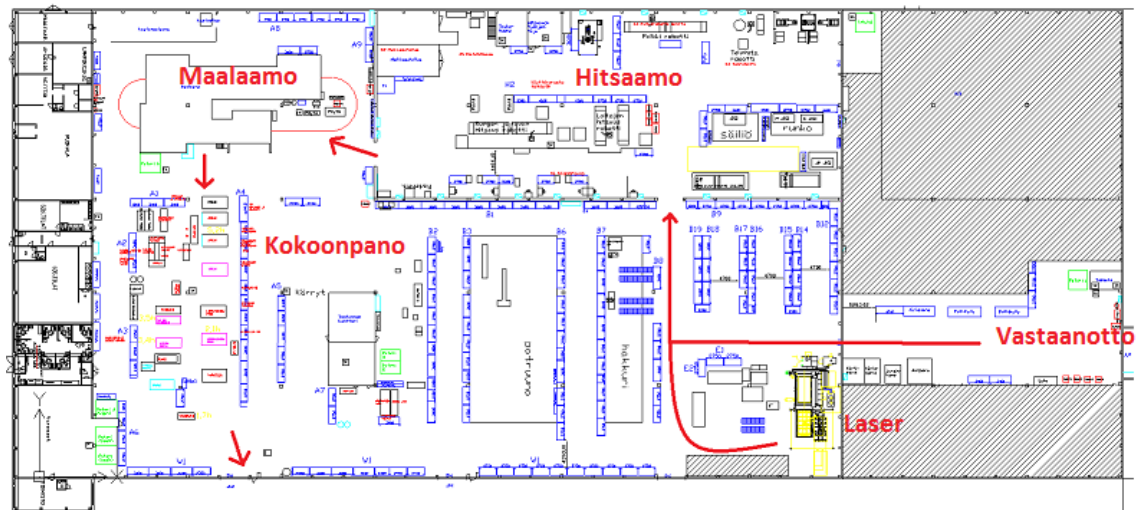
Kuvassa 10 on esitetty esimerkki hakkurista. Hakkurin avulla puusta tehdään haketta, joka soveltuu esimerkiksi energianlähteeksi. Hakkurin kammioita on käsitelty diplomityössä.



*Kuva 10. Esimerkki hakkurista ja sen oleelliset osat (Junkkari Oy:n kotisivu)*

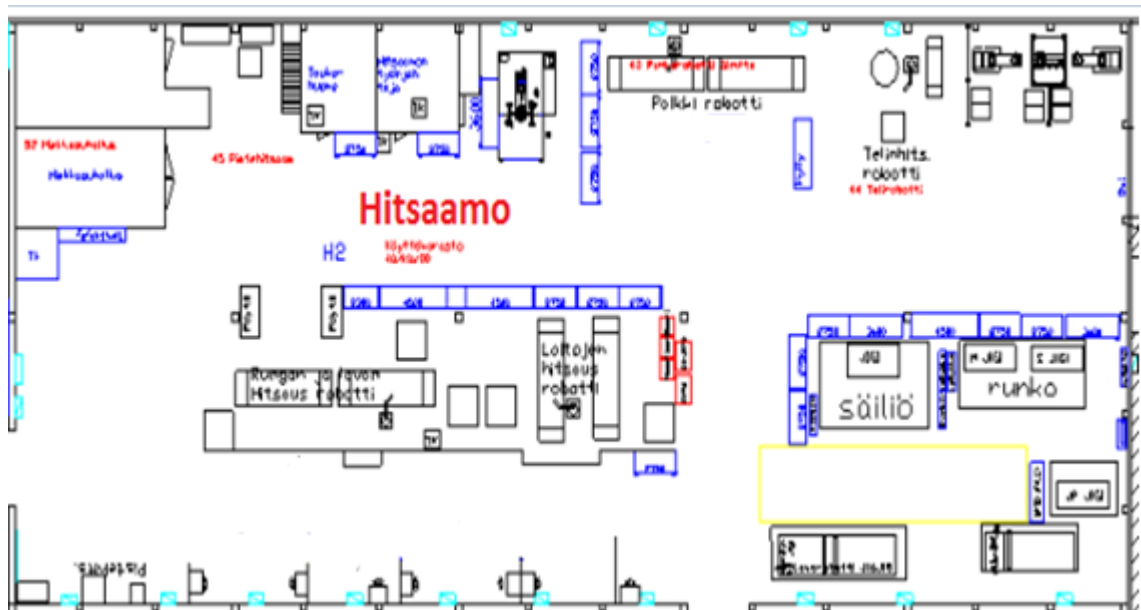
## 4.2 Layout ja tuotantojärjestelmä

Kohdeyrityksen layout on kuvan 11 mukainen. Kuvassa on kuvattu myös karkeasti esimerkkinimikkeen valmistusreitti. Valmistus alkaa kuvan oikeasta alakulmasta, jossa on laser-leikkaus ja osavalmistus. Tavaranto vastaanotto on myös kuvan oikeassa alakulmassa. Laser-leikkauksesta ja vastaanotosta nimikkeet kulkevat kuvassa ylöspäin hitsaukseen. Hitsauksen jälkeen nimikkeet menevät maalaukseen ja maalauksen jälkeen kokoonpanoon. Kokoonpanon jälkeen valmis tuote siirretään ovesta ulos. Tuotantojärjestelmä koostuu siis funktionaalisista valmistuspisteistä sekä kokoonpanolinjasta. Tuotantoa ohjataan toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) avulla, joka perustuu materiaalien tarvelaskujärjestelmään (MRP).



**Kuva 11.** Pääasiallinen virtaus tehtaalla

Diplomityö keskittyy kuvassa 12 olevaan hitsaamoon, jossa on sekä robotti- että käsihitsauspaikkoja. Vaikka hitsaamossa on nimetty hitsauspaikkoja joillekin nimikkeille, todellisuudessa vakiopaikkoja ei ole suurimmaksi osaksi määritetty.



**Kuva 12.** Hitsaamon layout

Kuvassa 12 näkyvät siniset laatikot ovat hyllyjä, jotka löytyvät jo valmiina hitsaamosta. Näihin hyllyihin ei ole määritetty mitään tiettyjä nimikkeitä. Käytännössä hyllyt ovat tyhjiä tai sisältävät satunnaisia nimikkeitä tai työkaluja.

## 5. NYKYTILA-ANALYYSI

Nykytila-analyysi tehtiin näköhavaintojen, epävirallisten haastattelujen ja saatavilla olevan ERP-datan avulla. Haastatteluja tehtiin kattavasti koko henkilöstölle, jotka liittyivät diplomityön aiheeseen. Haastateltavia olivat toimitusjohtaja, tuotantopäällikkö, työnjohtajat, tuotannonsuunnittelija, ostajat sekä tuotannon työntekijät. Diplomityössä ei käytetty kirjallisuudessa suositeltua arvovirtakuvausta, koska se oli jo tehty yrityksessä tuotannolle kokonaisuutena. Arvovirtakuvauksessa ongelmaksi ilmeni työvaiheiden kokonaiskestojen arviointi, mutta sen avulla saatiin hahmotettua hyvin kokonaisuutta. Arvovirtakuvauksen pohjalta yrityksessä oli jo tehty toimia virtauksen kehittämiseksi koko tuotannon läpi. Työvaiheita oli esimerkiksi järjestetty layoutissa vastaamaan tuotteiden suunniteltuja reittejä.

Diplomityön tavoitteeksi asetettiin materiaalivirtauksen kehittäminen alkaen alihankkijalta lähtevästä tavarasta ja kulkien hitsaamon läpi. Haastavaksi oli koettu hitsaamon virtauttaminen, koska erilaisia hitsattavia nimikkeitä oli paljon (n. 500 kpl). Tuotantoa on analysoitu seuraavassa eri osa-alueilta. Ensin on kiinnitetty huomioita varastointiin ja keräilyyn luvussa 5.1. Seuraavaksi on analysoitu toimintaa hitsauspaikalla luvussa 5.2. Sen jälkeen on käyty läpi tuotannonohjaus ja –suunnittelu luvussa 5.3 sekä viimeisenä vastaanotto luvussa 5.4.

### 5.1 Varastointi ja keräily

Hitsaamossa kaiken keräilyn hoitaa trukin kuljettaja, koska hitsaamossa ei ole määritettyjä käyttövarastopaikkoja, joista hitsaajat voisivat itse keräillä tarvitsemansa nimikkeet. Kaikilla nimikkeillä on siis suurimmaksi osaksi määrittelemätön välivarastopaikka kaukana työpisteiltä. Tästä johtuen trukin kuljettaja joutuu keräilemään pienetkin osat vain tiettyä tilausta varten. Kuvassa 13 on havainnollistettu paikkoja, joista trukin kuljettaja joutuu keräilemään nimikkeitä hitsaamoon. Koska eräkoot ovat melko pieniä, trukin kuljettaja keräilee samoja osia toistuvasti lyhyin väliajoin. Tästä aiheutuu keräilylle suuret kustannukset. Erityisesti pienet ja halvat osat tulevat kalliiksi keräillä tällä tavalla.





*Kuva 13. Esimerkki pitkistä keräilymatkoista*

Jokainen tarvittava nimikkeen siirto tulee toiminnanohjausjärjestelmän kautta trukin kuljettajalle trukissa sijaitsevaan tietokoneeseen. Näin kuljettaja näkee reaaliaikaisesti tarvittavat siirrot. Koska siirtokehotuksia tulee todella paljon, on siirron vasteaika pitkä. Tästä aiheutuu odottelua, koska suurimmaksi osaksi siirtokehotukset tehdään vasta, kun nimikkeitä tarvitaan. Jos työnjohtaja on aktiivinen, hän voi yrittää tilata nimikkeet jo valmiiksi ennen kuin työtä aloitetaan. Tämä vaatii kuitenkin työnjohtajalta suurta työpanosta, koska työntekijöitä ja sitä kautta tilattavia nimikkeitä on melko paljon.

Koska kaikki nimikkeet sijaitsevat välivarastossa määrittelemättömässä paikassa, ei visuaaliseen valvontaan ole mahdollisuutta. Toistuvien saldovirheiden vuoksi ei ole varmuutta, että saldo välivarastossa olevalle nimikkeelle on oikein. Saldovirheitä syntyy, koska välivarastosta otetaan nimikkeitä trukkijonon ohi kirjaamatta niitä erikseen. Näin tapahtuu esimerkiksi, kun nimikkeitä otetaan varaosiksi tai tuotekehityksen tarpeisiin. Saldovirheitä syntyy myös, jos trukin kuljettaja keräilee väärän määrän tarvittavia nimikkeitä ja vie ne hitsauspisteelle. Tällöin ylimääräiset nimikkeet jäävät lojumaan hitsauspisteelle ja saattavat kadota ajan myötä esimerkiksi romulavalle tai jäädä vain jonnekin nurkkaan.

## 5.2 Toiminta hitsauspisteellä

Trukin kuljettaja tuo hitsaajalle aloitettavaan työhön tarvittavat nimikkeet. Nimikkeet tuodaan määrittelemättömään paikkaan, koska vakiohitsauspaikkoja tietyille nimikkeille ei ole. Tästä johtuen keräillyt nimikkeet saattavat olla hyvinkin kaukana varsinaisesta hitsauspaikasta. Tämän vuoksi on yrityksessä aikanaan määritetty hitsaajalle nimikekohtainen asetusaika lavojen siirtämiseksi mahdollisimman lähelle hitsauspistettä. Kun hitsaaja siis leimaa itsensä työlle lähtee automaattisesti ensin asetusaika pyörimään

tietyn ajan. Tämän jälkeinen aika on työaikaa, jonka tuottavuuden (suunniteltu työaika/toteutunut työaika) perusteella hitsaajalle maksetaan tuotantopalkkio. Kaikki osien uudelleen siirtely ja sen vaatima asetus aika ovat hukkaa.

Lähes kaikki osat ovat hitsauspaikalla lattialla, jolloin ne vievät paljon lattiatilaa. Lattialla olevat lavat aiheuttavat myös kompastumisvaaran. Puiset lavat ovat lisäksi paloturvallisuusriski. Sekaisin lattialla olevat tavarat antavat epäsiistin kuvan työpisteestä ja vaikeuttavat halutun osan löytämistä.

### **5.3 Tuotannonohjaus ja -suunnittelu**

Tuotannonsuunnittelu tapahtuu ERP-järjestelmän avulla. Tuotannonsuunnittelija tekee järjestelmään hienokuormitus suunnitelman, joka perustuu kellotettuihin ja arvioituihin vaihe aikoihin. Itse työvaiheiden ajat ovat hyvin tiedossa työntekijöiden tarkan leimausjärjestelmän avulla. Sen sijaan vaiheiden välisiin siirtoihin kuluva aika ei ole tarkasti tiedossa, vaan on arvioitu. Tästä syystä kokonaisläpimenoaikoja on vaikea arvioida. Joka tapauksessa läpimenoajat ovat pitkiä funktionaalisen tuotantojärjestelmän vuoksi. Pitkä ja epätasainen läpimenoaika tekee tuotannonsuunnittelusta vaikeaa. Käytännössä tuotannonsuunnittelija joutuu käyttämään paljon aikaa reitti- ja rakennevirheiden sekä muiden virheiden selvittämiseen. Toisaalta tällä tavalla virheitä saadaan korjattua vähitellen pois. Tärkeää olisikin kiinnittää huomiota ongelmien juurisyihin ja puuttua niihin, mutta tähän ei ole välttämättä aikaa.

Yritys on hiljattain ottanut käyttöön lean-filosofian, jonka avulla se pyrkii pienentämään eräkokoja ja ajoittamaan tarkemmin toimintojaan. Käytännössä kuitenkin, koska yritys leikkaa itse laserilla hitsattavat nimikkeet, ei eräkokojen pienentäminen rajattomasti ole kannattavaa. Tästä johtuen varastoon joudutaan tekemään osittain liian paljon osia. Varsinkin harvemmin tarvittavat nimikkeet ovat varastossa todella kauan. Tämän myötä keskeneräistä tuotantoa on paljon ja varaston arvo on suuri. Nämä hukat tulevat yritykselle kalliiksi. Myös ostettavia osia joudutaan tilaamaan osittain liian suuria määriä yrityksen tarpeisiin, koska toimittajat eivät toimita pienempiä määriä. Ongelmana onkin suuri määrä erilaisia nimikkeitä, joita menee vähän.

### **5.4 Vastaanotto**

Vastaanottoon saapuu tavaraa pakattuna sekalaisissa muodoissa. Tämän vuoksi vastaanoton työntekijä joutuu siirtämään lähes jokaisen saapuvan nimikkeen eurolavalle, jotta sitä voidaan käyttää tuotannossa. Tavarantoimittajat pakkaavat lähettämänsä tuotteet niin, että ne vievät mahdollisimman vähän tilaa. Koska tilausmäärät suurimmalta osalta toimittajia ovat pienet, on kohdeyrityksellä vain vähän mahdollisuuksia vaikuttaa pakkausmuotoihin. Yhdeltä toimittajalta kohdeyritys kuitenkin tilaa paljon tavaraa, joten heidän pakkausmuotoihin kohdeyrityksellä on mahdollisuuksia vaikuttaa. Osittain tämän toimittajan pakkausryhmiä on jo määritelty, mutta ehdottomasti enemmän nimikkeiden

pakkausryhmiä olisi syytä määrittää. Tällä tavalla voidaan helposti siirtää nimikkeet tuotantoon ilman hukkaa.

## 6. TOIMENPITEET KEHITTÄMISEKSI

## VIRTAUKSEN

Virtauksen kehittämiseksi tehtiin erilaisia toimenpiteitä, joita on esitelty tässä luvussa. Ensin luvussa 6.1 on luokiteltu nimikkeet omiin luokkiinsa, jotta niiden käsittely olisi helpompaa. Sen jälkeen luvussa 6.2 tehtiin pilottitutkimus, jossa tutkittiin alustavasti vakiohitsauspaikkojen luomisesta aiheutuvia ongelmia. Tämän jälkeen luvussa 6.3 tehtiin tilankäyttöarvio laajemmalle alueelle, jossa arvioitiin nimikkeiden vaatimaa tilaa hitsauspisteillä. Viimeisenä luvussa 6.4 käydään läpi implementointiprojektia, joka käynnistyi pilottitutkimuksen ja tilankäyttöarvion myötä.

### 6.1 Nimikkeiden luokittelu

Hitsaamon virtauttaminen aloitettiin luokittelemalla hitsattavat nimikkeet niihin vuodessa käytetyn hitsausajan mukaan. Tämä data oli jo saatavilla ERP-järjestelmästä ja sen mukaan luokittelu oli helppo tehdä. Eniten aikaa vievistä nimikkeistä valittiin pilottitutkimuskohde, jonka avulla tutkittiin virtauttamisen vaikutuksia ohjaukseen, tilankäyttöön ja työntekijöihin. Pilottitutkimuksen vaikutusten perusteella oli tarkoitus arvioida sovellettavan menetelmän sopivuutta laajemmin hitsaamoon.

Pilottitutkimusta varten valitun nimikkeen sisältämät nimikkeet täytyi edelleen luokitella niiden koon mukaan, koska nimikkeitä oli pienestä laatikkotavarasta suuriin kappaleisiin, jotka eivät mahtuneet edes eurolavalle. Selkeäksi luokittelutavaksi muodostui nimikkeiden jakaminen kolmeen luokkaan seuraavasti.

1. Laatikko
2. Eurolava
3. Eurolavan yli menevät

*Laatikkotavaraksi* luokiteltiin kooltaan pienet nimikkeet, jotka mahtuivat helposti pieneen laatikkoon, jolle oli valmiina sopivia hyllyjä. Tässä luokittelussa oli kiinnitettävä huomiota myös eräkokoihin ja painoon. Tieto oletuseräkoista oli saatavilla, mutta nämä saattoivat myös muuttua tilanteiden mukaan. Eräkoon täytyi mielellään mahtua yhteen laatikkoon ja niin, että laatikosta ei tulisi liian painava.

*Eurolavanimikkeiksi* määritettiin ne nimikkeet, jotka mahtuivat eurolavalle niin, että kappale ei mennyt lavan yli. Tässä tapauksessa täytyi huomioida myös erä koko, jotta koko erä mahtuisi samalle lavalle. Laatikkoille liian painavat ja suuren eräkoon omaavat nimikkeet täytyi luokitella myös eurolavalle meneviksi. Eurolavoille oli valmiina hyllyjä, joihin niiden paikat oli mahdollista määrittää.

*Yli eurolavan meneviksi* määritettiin luonnollisesti ne, jotka ylittivät huomattavasti eurolavan reunat. Näitä nimikkeitä ei ollut mahdollista määrittää normaaleille eurolavapaikoille, vaan ne vaativat hyllystä useamman eurolavapaikan vievän tilan.

## **6.2 Pilottitutkimus**

Pilottitutkimuksessa oli tarkoituksena kokeilla lean-menetelmien sopivuutta tuotantoon sekä selvittää, miten tuotannonohjaus voidaan järjestää mahdollisimman tehokkaasti. Pilottitutkimuksessa oli myös tarkoituksena nostaa esiin ja ratkaista mahdollisia ongelmia implementointiin liittyen sekä arvioida alustavasti vaadittua hyllytilaa. Ensin on suoritettu tutkimuskohteen valinta luvussa 6.2.1. Seuraavaksi luvussa 6.2.2 on kuvattu tutkimuksen valmistelu ja toteutus. Viimeisenä luvussa 6.2.3 on esitetty tutkimuksessa käytettävät mittarit ja arvioitu tutkimuksen onnistumista.

### **6.2.1 Tutkimuskohteen valinta**

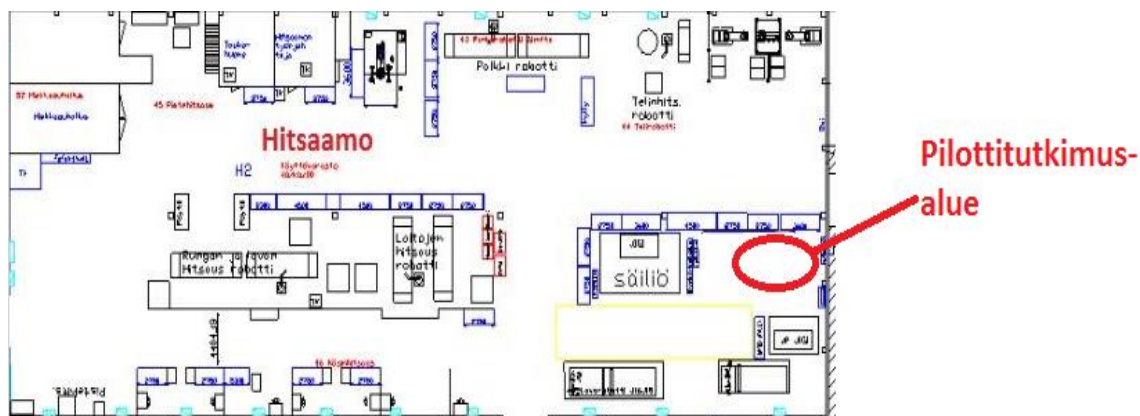
Pilottitutkimuskohteeksi oli tarjolla useita nimikkeitä, joiden hitsaukseen käytettiin vuodessa paljon aikaa. Haasteen valintaan aiheutti kehitteillä olevat suunnitelmat, joidenkin nimikkeiden hitsauksen robotisointiin ja ulkoistukseen. Robotisoinnin seurauksena hitsauspaikka olisi muuttunut, mikä vaikuttaisi oleellisesti tutkimukseen. Myös tulevat rakennemuutokset toivat oman haasteensa valintaan. Tarpeeksi yksinkertaisia kappaleita pilottitutkimuksen tarpeisiin oli kuitenkin vain muutama, joten valinta oli lopulta melko selkeä.

Pilottitutkimuskohteeksi valikoitui jyräpyörästäön runko, johon käytettiin vuodessa kaikkein eniten hitsausaikaa. Jyräpyörästäön rungon rakenne oli myös riittävän yksinkertainen (sisältää n. 20 nimikettä), jotta tutkimus voitiin suorittaa nopealla aikataululla. Haasteellisen jyräpyörästäön rungon virtautuksen tutkimisesta teki se, että sitä oltiin suunnittelemassa hitsattavaksi robotilla, mutta näiden suunnitelmien aikataulusta ei ollut tietoa. Jyräpyörästäön rungolle oli tulossa lisäksi rakennemuutos, jolloin suuri osa sen sisältämistä nimikkeistä uudistuisivat. Tämän oli tarkoitus tapahtua noin kahden kuukauden kuluttua tutkimuksen aloittamisesta. Näiden haasteiden kanssa päätettiin elää sillä, tutkimuksen ajateltiin sujuvan nopeammin kuin robotisoinnin onnistumisen. Rakennemuutos ei vaikuttanut nimikkeiden kokoon, joten rakennemuutoksen astuessa voimaan täytyisi vain nimikkeiden nimet muuttaa hyllypaikoille.

### **6.2.2 Tutkimuksen valmistelu ja toteutus**

Pilottitutkimuskohteen määrittelyn jälkeen aloitettiin pilottitutkimuksen valmistelu. Aluksi jyräpyörästäön rungon sisältämät nimikkeet luokiteltiin luvussa 6.1 esitetyllä tavalla. Nimikkeiden koon, eräkoon ja painon mukaan määritettiin jokaiselle nimikkeelle

paikka mahdollisimman läheltä hitsauspaikkaa. Hitsauspaikkana pidettiin sama paikka, missä kyseisen nimikkeen hitsaus oli tapahtunut aiemminkin. Vaikka hitsauspaikka ei ollut ideaalinen virtauksen kannalta, katsottiin sen olevan riittävä tutkimuksen tarkoitukseen. Hitsauspaikalla oli kuitenkin jo valmiina tarvittavat hyllyt. Puutteelliseksi virtauksen kannalta teki se, että hitsauspaikka sijaitsi kuvan 14 mukaisesti nurkassa, josta tavaraa ei voi liikuttaa muuten kuin yhtä reittiä. Tällöin ainakin isompien kappaleiden siirtäminen hitsauspaikalle ja sieltä pois saattoi olla ajoittain hankalaa tilanpuutteen vuoksi.



**Kuva 14.** *Pilottitutkimusalue*

Kun nimikkeille oli valikoitu sopivat paikat hyllyistä, kysyttiin ensin hitsaajan mielipidettä kyseisestä järjestelystä. Hitsaajalla ei ollut tässä vaiheessa vastaväitteitä tai muutosehdotuksia suunnitelmaan. Tämän jälkeen järjestelmää testattiin käytännössä ensin vain järjestelemällä nimikkeet valituille paikoille. Kun nimikkeet oli järjestetty paikoilleen, ilmeni hitsaajalta pientä muutosvastarintaa järjestelyä kohtaan. Päätimme, että hitsaaja kokeili uutta järjestelmää hitsaamalla yhden jyräpyörästön rungon. Hitsausta varten hitsausjigi siirrettiin mahdollisimman lähelle hyllyä, jossa hitsattavat osat olivat. Yhden kappaleen hitsauksen jälkeen kysyttiin hitsaajalta palautetta uudesta järjestelystä. Kommentit olivat pääosin positiivisia. Ainoastaan hyllykorkeudessa oli säätämisen varaa ja joidenkin nimikkeiden paikkoja saisi hieman muuttaa.

Kokeilun myötä saatiin lähes kaikki aiemmin lattialla olleet osat hyllyyn, jolloin työskentelytila kasvoi ja kompastumisvaaraa saatiin pienennettyä. Tarvittavat osat saatiin myös lähelle hitsauspaikkaa helposti otettaviksi hyllystä lattian sijaan. Ainoastaan muutama isompi osa päätettiin jättää pois hyllystä, koska ne veisivät liian paljon hyllytilaa. Nämä nimikkeet täytyi siis edelleen tilata välivarastosta ja asettaa lattialle.

Seuraavaksi pilottitutkimusta varten täytyi määrittää valitut hyllypaikat toiminnanohjausjärjestelmään. Tätä määrittämistä varten täytyi ensin selvittää useilta eri henkilöiltä, miten määritys tapahtui. Kukaan kohdeyrityksessä ei nimittäin tiennyt alusta loppuun, miten paikan määritys sekä nimikkeen ohjaaminen määritellylle paikalle tapahtui. Selvityksen jälkeen paikat saatiin määritettyä toiminnanohjausjärjestelmään

aikaisemman kokeilun mukaiseen järjestykseen. Nyt nimikkeet siirtyivät suoraan laserleikkauksesta ja tavarantoimittajan vastaanotosta hitsauspaikalle, jossa niitä tarvittiin. Aikaisempaan verrattuna siis välivarastointi jäi pois suurimmalta osalta nimikkeistä ja paikat määritettiin niin, että nimikkeitä on helppo valvoa ja käyttää. Hyllyt ja hyllypaikat vielä merkittiin tarroilla, jotta trukin kuljettajan olisi mahdollisimman helppo löytää nimikkeille oikeat paikat. Myös hitsaajat tietävät tarrojen perusteella nimikkeiden oikeat paikat, jolloin ylimääräisiä osia ei jää lojumaan nurkkiin.

### 6.2.3 Tutkimuksen onnistumisen arviointi ja mittarit

Pilottitutkimuksen arvioitiin jo tässä vaiheessa ilman mittausta onnistuneen niin hyvin, että päätettiin aloittaa projekti, jossa mahdollisimman monelle hitsattavalle nimikkeelle saataisiin vakiohitsauspaikka. Käytännössä siis sovellettaisiin pilottitutkimuksessa käytettyä menetelmää aina yhdelle nimikkeelle kerrallaan.

Pilottitutkimuksesta päätettiin mitata tuottavuutta ja toimitusvarmuutta. Mittaus onnistuu yrityksen ERP-datan avulla. Lisäksi arvioitiin, miten paljon trukin kuljettajan keräilyaika lyhenee sekä tehtiin arvio lavojen viemän lattiatilan vähenemisestä. Myös trukin kuljettajan palveluaikaa päätettiin mitata. Mittariston avulla voidaan varmistua saavutetuista hyödyistä sekä saada niistä lukumääräisiä arvioita päätöksenteon tueksi jatkossa. Luvussa 7 on selvitetty tarkemmin mittaristoa ja mittaustuloksia.

## 6.3 Tilankäyttöarvio

Pilottitutkimuksessa käytetyn menetelmän soveltamisen tueksi tehtiin tilankäyttöarvio vaadittavasta hyllytilasta laajemmalla alueella. Tarkasteluun otettiin 20 hitsausnimikettä, jotka ovat viimeisen vuoden aikana vaatineet eniten hitsausaikaa. Nämä 20 nimikettä muodostavat n. 6% hitsausnimikkeistä, mikä Glendayn (2007) mukaan vastaa yleensä n. puolta yritysten liikevaihdosta. Kohdeyrityksessä näiden 20 nimikkeen hitsausaika vuodessa vastaa n. 35% kaikkien hitsausnimikkeiden yhteenlasketusta hitsausajasta. Muutama nimike jätettiin pois 20 joukosta, koska ne tehtiin yhdessä suuressa erässä vuodeksi kerrallaan. Nämä korvattiin seuraavaksi eniten aikaa vaatineilla, jotta 20 nimikettä saatiin täyteen.

Tilankäyttöarvio toteutettiin selvittämällä valittujen nimikkeiden kokoluokat joko fyysisesti katsomalla tai piirustusten perusteella. Jos nimikkeitä ei sillä hetkellä ollut tuotannossa, olivat piirustukset ainoa vaihtoehto arvion tekemiseen. Luokittelu tehtiin luvussa 6.1 esitellyllä tavalla koon mukaan.

Selvityksen myötä pystyttiin tekemään arvio nimikkeiden vaatimasta hyllytilasta. Selkeästi oli havaittavissa, että eurolavan tai yli eurolavan kokoisille osille ei ollut suurissa määrin järkevää määrittää hyllypaikkoja hitsaamoon. Sen sijaan kaikille laatikkoon mahtuville nimikkeille oli mahdollista määrittää paikat hitsaamoon.

Selvityksen myötä oli myös havaittavissa, että ainakin laatikkohyllyjä ja mahdollisesti lavahyllyjä oli saatava lisää. Luvussa 6.4.2 on kuvattu tarkemmin, mihin lisähyllyjä olisi mahdollista sijoittaa.

## 6.4 Projektin virtauksen implementointiin

Projektin virtauksen implementointiin aloitettiin luomalla implementointisuunnitelma, jota on käsitelty ensin luvussa 6.4.1. Seuraavaksi luvussa 6.4.2 on käyty läpi implementoituja nimikkeitä. Muiden kuin jyräpyörästä ja säiliön osalta ei suoritettu tarkempia mittauksia, koska tähän ei ollut riittävästi aikaa. Luvussa 8 on kuitenkin arvioitu näiden nimikkeiden implementoinnin vaikutuksia.

### 6.4.1 Implementointisuunnitelma

Pilottitutkimuksen ja tilankäyttöarvion pohjalta aloitettiin virtauksen implementointiprojekti. Projektiin valittavat nimikkeet olivat tilankäyttöarviossa olleita nimikkeitä tai muuten tasaisesti meneviä osia. Projekti päätettiin toteuttaa pienissä kokonaisuuksissa kerralla, jotta saatiin jatkuvia parannuksia aikaan ja tehtävät pysyivät selkeinä virheiden välttämiseksi. Projekti aloitettiin täyttämällä ensin jo olemassa olevat hyllyt. Tehtävän selkeyttämiseksi pyrittiin myös siihen, että implementoitava nimike oli työn alla. Tällöin voitiin varmistua nimikkeiden vaatimasta tilasta. Käytännössä siis pilottitutkimuksen toimenpiteet toistettiin yksi kerrallaan valituille nimikkeille.

### 6.4.2 Implementoidut nimikkeet

Taulukossa 3 on esitetty viikoittain, miten implementointiprosessi on edennyt. Värjätyin solun loppuessa on implementointi loppunut.

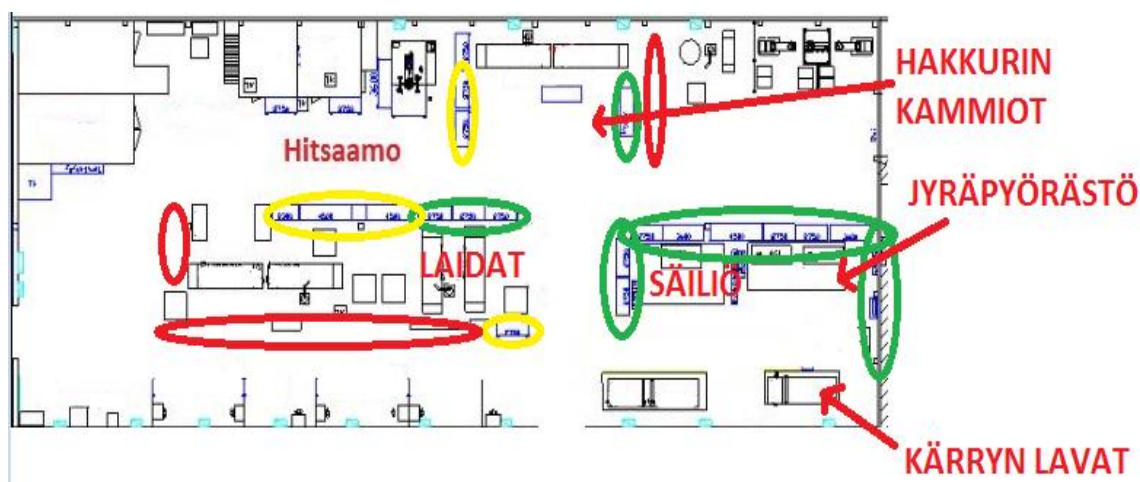
**Taulukko 3.** Implementoinnin eteneminen viikoittain

Jyräpyörästä										
Säiliö										
Kärryn laidat										
Hakkurin kammiot										
Kärryn lavat										
<b>Viikko</b>	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16



Alkuun implementointi on edennyt nopeasti, koska silloin on ollut enemmän resursseja käytettävissä. Loppuvaiheessa resursseja ei ole oikeastaan ollut implementointiin, mikä luonnollisesti näkyy implementoinnin pitkittymisenä. Resurssien puute johtui samanaikaisista projekteista, jotka oli priorisoitu sillä hetkellä tärkeämmiksi. Nopeaan implementointiin vaikutti myös se, että esimerkiksi kärryn laitojen ja hakkurien kammioiden osat olivat jo melko hyvin paikoillaan, vaikka niille ei varsinaisesti ollut määritetty paikkoja. Implementoinnille ei tässä vaiheessa ollut asetettu selkeää pidemmän aikavälin aikataulua. Aikataululla voitaisiin varmistua siitä, että projekti varmasti etenee. Toisaalta projektin on tarkoitus jatkua niin kauan kuin on mahdollista löytää nimikkeitä, joilla ei ole vielä hyllypaikkaa. Myös jatkoa varten tarvittavat investoinnit lisähyllyihin hidastivat projektia.

Kuvaan 15 on merkitty implementoitujen nimikkeiden hitsauspaikat. Vihreällä on rajattu hyllyt, jotka ovat lähes täynnä implementoinnin jälkeen. Keltaisella on merkitty hyllyt, joita on vielä mahdollista käyttää jatkossa. Punaisella on ympyröity alueet, joihin olisi mahdollista ja suositeltavaa tehdä lisää hyllyjä.



**Kuva 15.** Implementoinnissa käytettyjen ja vapaiden hyllyjen paikat sekä mahdollisten lisähyllyjen paikat

Punaisella merkityt alueet koostuvat tilankäyttöarviossa läpikäydyistä nimikkeistä. Arvion myötä havaittiin, että varsinkin laatikoita varten, olisi lisähyllyille tarvetta. Alueet on merkitty mahdollisimman lähelle hitsauspaikkoja, joissa hyllyjä tarvitaan. Hyllyt voisivat olla kuitenkin tarpeen mukaan myös pyörillä liikuteltavia.

### 6.4.3 Jatkuva parantaminen ja saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen

Tärkeänä diplomityön tavoitteena on varmistaa kehityksen jatkuminen ja saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen. Tästä on varmistuttu perehdyttämällä hitsaamon työnjohtaja

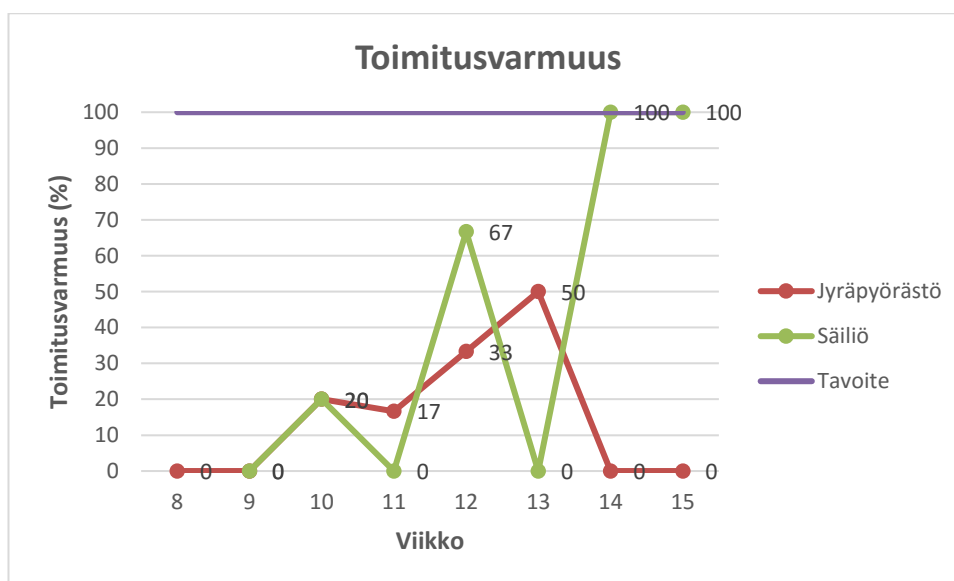
hyllypaikkojen luomiseen toiminnanohjausjärjestelmään sekä fyysisten paikkojen luomiseen. Vähintään yhtä tärkeää kuin jatkuva kehittäminen on jo saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen. Kun nimikkeiden rakenteet tai hyllypaikat tulevaisuudessa muuttuvat, on tärkeää päivittää muutokset sekä järjestelmään että hyllypaikkojen tarroihin. Kehittämistä ja ylläpitoa varten on laadittu työnjohtajalle yksityiskohtainen ohje, jonka avulla kuka tahansa pystyy tekemään järjestelmään tarvittavat muutokset. Tietojen päivittäminen vaatii tiedonkulkua rakenteista vastaavalta henkilöltä niille joihin päivitykset vaikuttavat. Tämän jälkeen päivitys onkin kyseisen alueen työnjohtajan vastuulla.

## 7. MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN ARVIONTI

Mittauksiin otettiin mukaan implementoiduista nimikkeistä ainoastaan jyräpyörästäön runko ja säiliö, koska riittävän pitkää mittausaikaa ei olisi muuten saavutettu. Mittaukset aloitettiin viikolla 8 ja lopetettiin viikolla 15. Mittaukset täytyi lopettaa tällöin, koska sesonki kylvölannoittimien osalta loppui ja niitä ei enää valmistettu yhtä paljon. Mitattavina suureina ovat toimitusvarmuus, tuottavuus, pinta-ala, keräilyaika, palveluaika, siirtojen määrä ja kokonaistehokkuus. Kirjallisuudessa suositeltua läpimenoajan mittausta ei suoritettu pitkän varastonkiertoajan vuoksi.

### 7.1 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus kuvaa sitä, että onko kyseinen nimike valmiina silloin, kun sen tuotantosuunnitelman mukaan pitäisi olla. Toimitusvarmuutta mitattiin yrityksen ERP-datan avulla. Työntekijöiden leimauksien perusteella on saatu tieto, milloin nimikkeet ovat valmistuneet. Koska työntekijöiden palkkaus perustuu käytettyyn hitsausaikaan, voidaan valmistumisajankohtia pitää luotettavina tietoina. Kuvassa 16 on esitetty jyräpyörästäön rungon ja säiliön toimitusvarmuudet viikoittain mittausaikana.



**Kuva 16.** Jyräpyörästäön rungon ja säiliön toimitusvarmuudet viikoittain

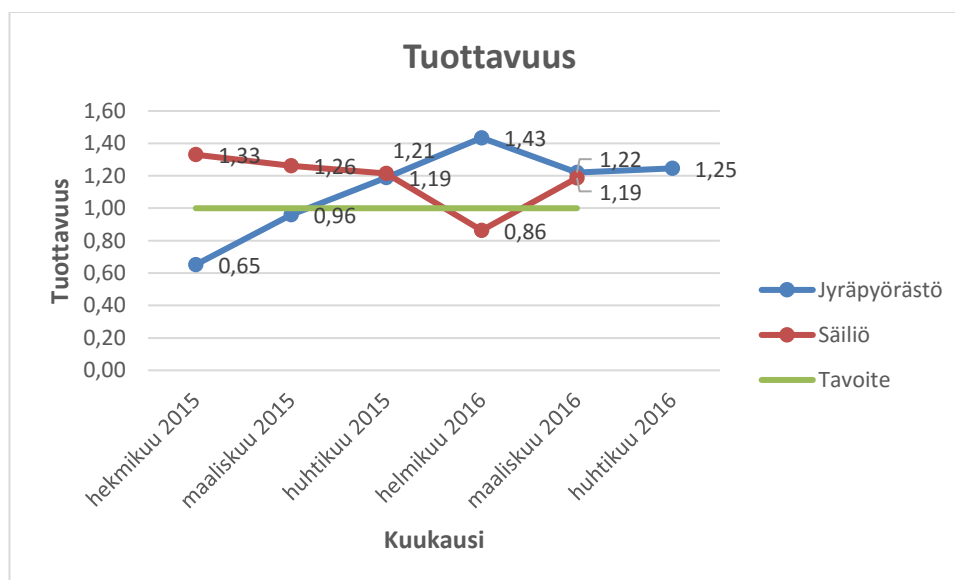
Tavoitteeksi asetettuun sadan prosentin toimitusvarmuuteen ei mittausajanjaksolla päästy molempien nimikkeiden osalta. Selkeästi on havaittavissa kuitenkin nouseva trendi toimitusvarmuuksissa. Kun mittaukset aloitettiin, olivat sekä jyräpyörästäön runko että säiliö jättämällä 2 kappaletta. Tämä jättämä saatiin nopeasti kiinni viikolla 10. Viikoilla 10 ja 11 ei jyräpyörästäön runkoa ja säiliötä hitsattu jatkuvasti, koska kokoonpano ei ehtinyt samaan tahtiin ja tila valmiilta nimikkeiltä alkoi loppua. Näitä muutoksia ei

kuitenkaan korjattu tuotantosuunnitelmaan uudelleenajoituksina, vaan ne näkyvät toimitusvarmuudessa myöhässä olevina. Viikolla 12 aikataulua on jälleen saatu kiinni ja toimitusvarmuus on paranemaan päin. Viikolla 13 jyräpyörästäön rungosta otettiin tuotantoon uusi malli, mikä näkyy luonnollisesti huonona toimitusvarmuutena uusien osien ja toimintatapojen myötä.

Toimitusvarmuudesta ei ollut saatavilla historiatietoa edellisiltä vuosilta tarpeeksi yksityiskohtaisella tasolla, joten tarkkoja vaikutuksia on vaikea arvioida. Mittaustuloksista selviää kuitenkin, että toimitusvarmuus on kehittynyt ajan myötä, jos ei huomioida viikoilla 10 ja 11 muista syistä aiheutuneita notkahduksia sekä jyräpyörästäön rungon uuden mallin aiheuttamaa pudotusta viikosta 13 alkaen.

## 7.2 Tuottavuus

Tuottavuutta mitattiin samalla tavalla kuin toimitusvarmuutta eli yrityksen ERP-datan avulla. Hitsauksen tuottavuus on nimenomaan osana työntekijöiden palkkausta, joten mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina. Tuottavuus on ilmoitettu vakiona pysyvän tavoiteajan ja käytetyn hitsausajan suhteena luvun 3.5 kaavan 3 mukaisesti. Tavoiteaika on määritetty nimikekohtaisesti MOST-ohjelmiston avulla, joka huomioi kaikki työntekijän liikkeet sekä tauot. Kuvassa 17 näkyy jyräpyörästäön rungon ja säiliön tuottavuudet kuukausittain. Vertailun vuoksi kuvassa on myös edellisen vuoden tuottavuudet samoilta kuukausilta. Aiemmilla vuosilla tietoja ei ollut saatavilla, koska kyseisiä nimikkeitä ei ollut valmistettu vielä silloin.



**Kuva 17.** Jyräpyörästäön rungon ja säiliön toimitusvarmuudet kuukausittain

Kuvasta 17 nähdään, että jyräpyörästäön rungon tuottavuus on kehittynyt selkeästi edellisestä vuodesta. Sen sijaan säiliön tuottavuus on jopa hieman laskenut edellisestä vuodesta. Helmikuussa 2016 hitsattiin vain yksi säiliö. Jos tätä pientä otantaa ei oteta

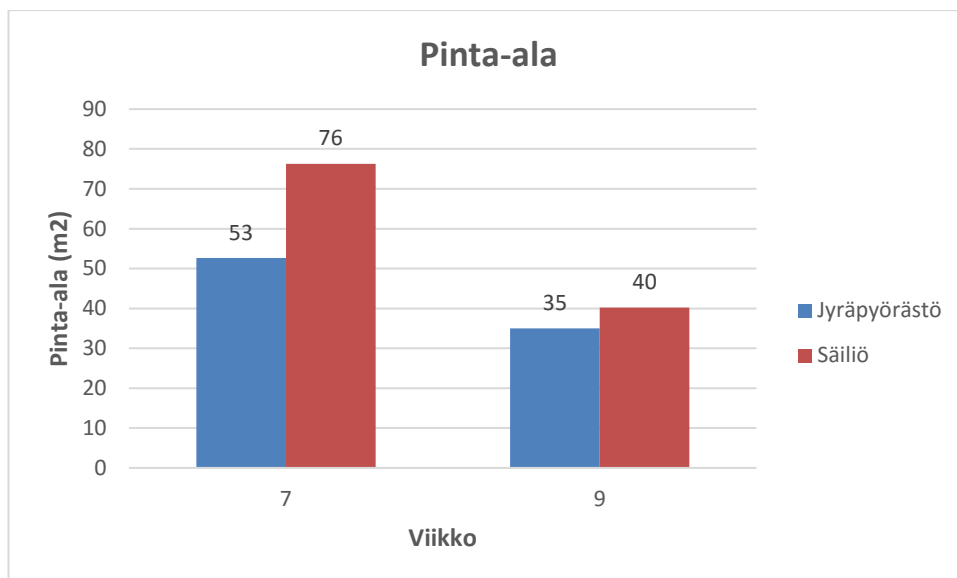
huomioon, päästiin molempien nimikkeiden tapauksessa tavoitteena olleeseen yli yhden tuottavuuteen.

Eron tuottavuuksissa aiheuttaa todennäköisesti hitsauspaikka. Säiliön hitsauspaikalle on jo aikaisemminkin voinut tuoda tarvittavat osat hyvin lähelle paikkaa, missä niitä tarvitaan. Sen sijaan jyräpyörästäön rungon hitsauspaikka on hankalassa paikassa, jonne ei aina pääse tarpeeksi lähelle trukilla. Tämän vuoksi jyräpyörästäön rungon osien siirtelyyn lähemmäs hitsauspistettä on aiemmin käytetty paljon aikaa säiliöön verrattuna. Säiliön hitsaukseen liittyy myös enemmän muita epävarmuustekijöitä. Säiliöitä on mitattavien säiliöiden lisäksi monia erilaisia, joten vaihdot erilaisten säiliöiden välillä vaativat aina asetusajan jigien säädön vuoksi. Historiatiedoista selviää, että esimerkiksi helmikuussa 2015 ei hitsattu muuta kuin yhden mallista säiliötä suuri sarja. 2016 on tehty pienempiä sarjoja, mikä lisää asetusajojen määrää ja selittää pienen tuottavuuden laskun edellisestä vuodesta.

Selkeä kehitys jyräpyörästäön rungon hitsauksen tuottavuudessa täytyy johtua tehdyistä toimenpiteistä, koska muita tuottavuuteen vaikuttavia muutoksia ei ole tehty edelliseen vuoteen verrattuna. Muita kuin mittaukseen kuuluvia malleja, jotka aiheuttaisivat ylimääräisiä asetusajoja, ei myöskään ole. Tuottavuuteen saattaa vaikuttaa osittain myös se, että vuonna 2015 jyräpyörästäön rungon malli oli melko uusi, mikä laskee tuottavuutta, kun pitää opetella uusia toimintatapoja.

### **7.3 Pinta-ala**

Pinta-alan mittaus suoritettiin laskemalla yhteen kaikki jyräpyörästäön rungon ja säiliön osien vaatimat pinta-alat välivarastossa sekä hitsauspaikalla. Osien vaatimat pinta-alat eivät ole täysin tarkkoja, koska eurolavan yli menevien osien suhteen on käytetty keskimääräisiä arvioita. Pinta-ala vertailun tarkoituksena on enemmänkin havainnollistaa saavutetun hyödyn suhdetta edelliseen arvoon. Hitsaamossa on paljon tilankäyttöongelmia, joten pinta-ala on perusteltu mittari. Välivarastossa sen sijaan on tilaa riittävästi, mutta tämänkin tilan voisi käyttää paremmin hyödyksi. Tavoitteena oli käytetyn pinta-alan väheneminen 50 prosenttia. Mittaustulokset viikoittain selviävät kuvasta 18.

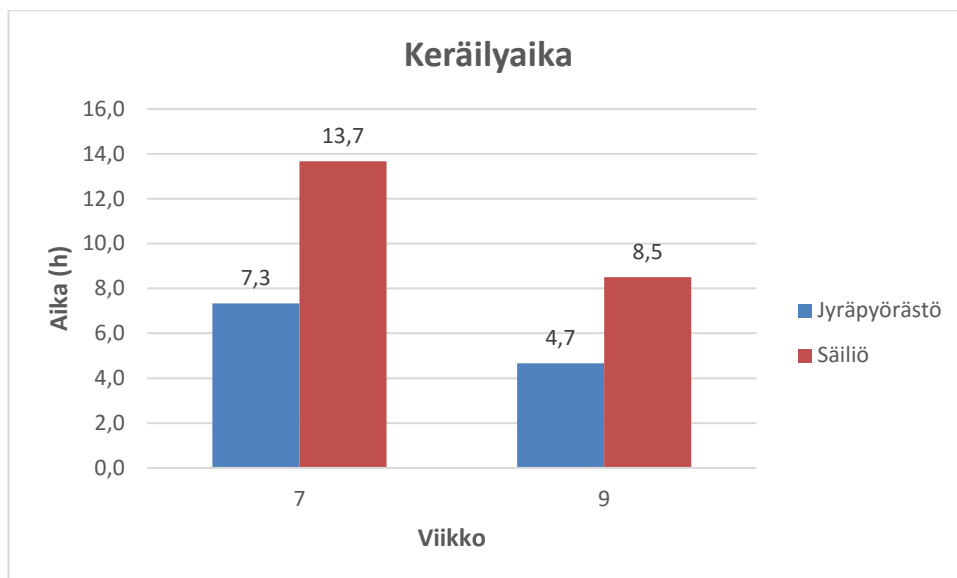


**Kuva 18.** Jyräpyörästöön rungon ja säiliön hitsauksen ja varastoinnin vaatima pinta-ala viikoittain

Säiliön osalta ollaan päästy hyvin lähelle tavoitteena ollutta 50 prosentin pinta-alan pienenemistä. Jyräpyörästöön rungon vaatima pinta on vähentynyt n. 34 prosenttia. Tämä ero syntyy siksi, koska säiliön osista myös joillekin kaikkein suurimmille osille saatiin määritettyä hyllypaikat hitsaamoon ilman välivarastoa. Jyräpyörästöön rungon osista taas suurimmat jäivät edelleen välivarastopaikoille, koska niiden määrittämistä hitsaamoon ei nähty järkeväksi. Tavoitteena ollut 50 prosentin pinta-alan väheneminen olikin asetettu hieman liian suureksi. Tämä tarkoittaisi nimittäin sitä, että lähes jokainen osa tulisi löytyä hitsaamon hyllystä ilman välivarastopaikkaa. Käytännössä varsinkin suuria osia on vaikea saada mahtumaan hitsaamoon rajallisen tilan vuoksi. Kovasta tavoitteesta huolimatta saatiin molempien nimikkeiden vaatimaa pinta-alaa vähennettyä merkittävästi.

## 7.4 Keräilyaika

Pinta-alan tapaan mitattiin keräilyaika laskemalla keskimääräisillä osien keräilyajoilla jyräpyörästöön rungon ja säiliön kaikkien osien yhteenlaskettu keräilyaika. Keskimääräinen yhden osan keräilyaika oli 10 minuuttia, ja se saatiin yrityksen ERP-datan avulla. Yhteenlasketut keräilyajat laskettiin siten, että ne osat, jotka viedään ensin välivarastoon ja sen jälkeen keräillään sieltä, vaativat 2 kertaa 10 minuutin keräilyajan. Jos osa viedään suoraan omalle hyllypaikalleen hitsaamoon, vaatii se vain 10 minuutin keräilyajan. Tavoitteena oli 50 prosentin väheneminen keräilyajassa. Mittaustulokset on esitetty viikoittain kuvassa 19.

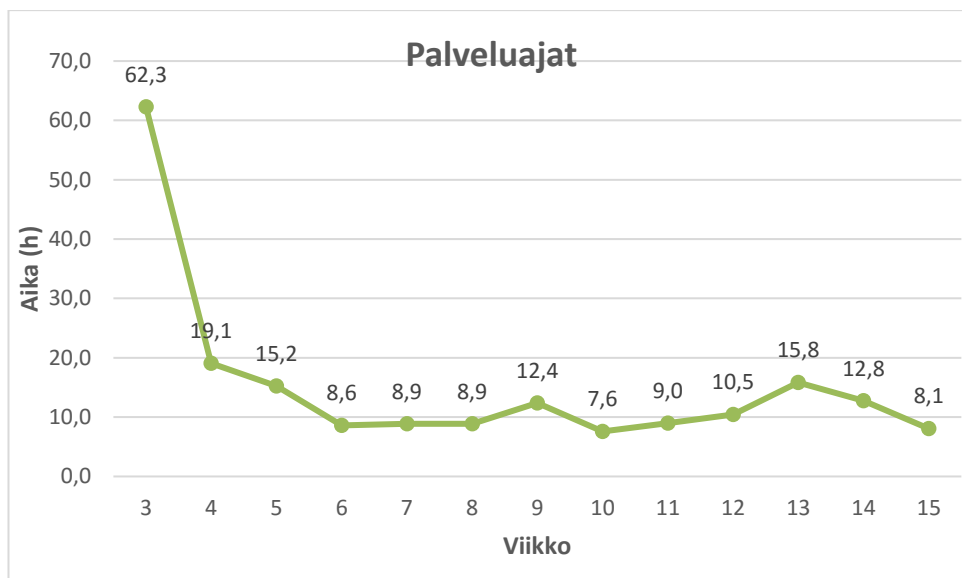


**Kuva 19.** Jyräpyörästöön rungon ja säiliön vaatimat keräilyajat viikoittain

Säiliön osien keräilyaikaa saatiin pienennettyä 38 prosenttia ja jyräpyörästöön rungon 36 prosenttia. Kummassakaan tapauksessa ei päästy aivan tavoitteena olleeseen 50 prosenttiin. Tämä johtuu samasta asiasta kuin pinta-alan tapauksessa. Kaikki osat olisi täytynyt saada hyllypaikalle hitsaamoon ilman välivarastoa, jotta tavoitteeseen olisi päästy. Tavoite oli siis asetettu jälleen hieman liian korkealle. Molemmissa tapauksissa saadaan kuitenkin keräilyyn kuluva aikaa pienennettyä merkittävästi.

## 7.5 Palveluaika ja siirtojen määrä

Palveluaika kuvaa aikaa, joka trukin kuljettajalla kestää suorittaa siirto siitä hetkestä alkaen, kun siirtokehotus on annettu. Mittaus on suoritettu yrityksen ERP-datan avulla. Siirtoajoissa esiintyy paljon virhettä, jos siirtoa ei ole kuitattu valmiiksi, vaikka siirto on tehty tai jos siirto on vain kuitattu ilman aiempaa siirtokehotusta. Tästä syystä palveluaikojen vaihteluväli on 0-250 tuntia. Myös viikonlopun yli jäävät siirrot näkyvät pitkinä siirtoaikoina. Tavoitteena oli palveluajan lyheneminen. Kuvassa 20 näkyy keskimääräiset palveluajat viikoittain. Vertailun vuoksi palveluajat on esitetty jo viikolta 3 alkaen, vaikka toimenpiteet on tehty viikolta 8 alkaen. Tätä aiemmalla ajalla ei ollut mahdollista saada historiatietoja, koska trukin kuljettajille oli tehty vastuunjakomuutos alkaen viikolta 3, joka on tarkastelussa mukana. Aikaisemmin hitsaamon keräily oli kaikkien trukin kuljettajien vastuulla, mutta tarkasteluajanjaksolla keräily on vain yhden nimetyn vastuulla.

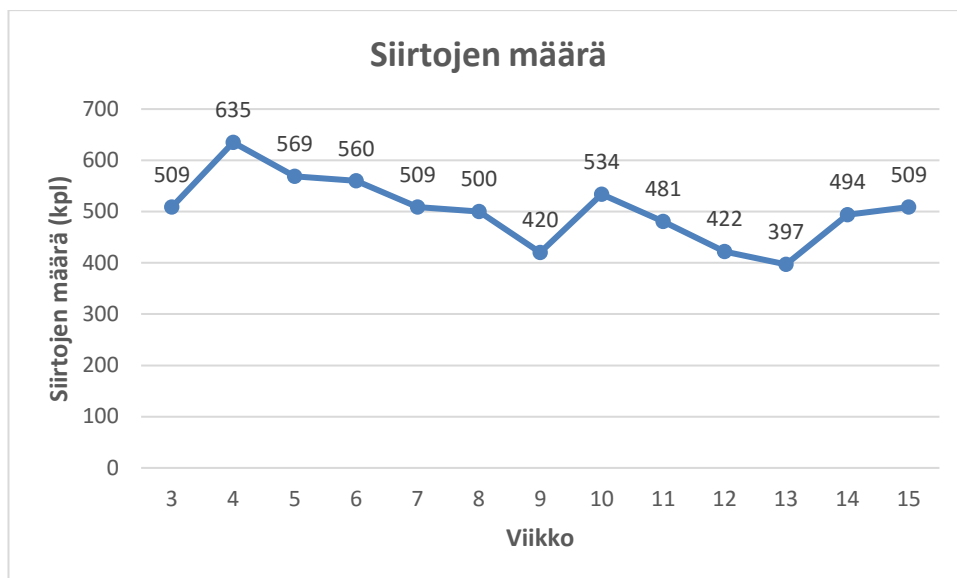


**Kuva 20.** Hitsaamon trukin kuljettajan palveluaika keskimäärin viikoittain

Vastuunjakomuutoksen jälkeen viikolla 3 on ollut erittäin pitkä keskimääräinen palveluaika, joka tämän jälkeen on tasaantunut. Virhemarginaalien ollessa mittauksessa suuret voidaan todeta, että tehdyillä toimenpiteillä ei ole ollut palveluaikoihin näkyvää vaikutusta. Tämä on ymmärrettävää, koska tehdyt toimenpiteet edustavat vain hyvin pientä määrää tehdyistä siirroista. Lisäksi eräkoot ovat melko suuria, joten kaikkia tarkastelussa olleita nimikkeitä ei ole välttämättä siirretty lainkaan. Kun vakiohyllypaikkoja tehdään enemmän ja tarkastelujaksoa pidennetään, näkyvät muutokset palveluajoissa oletettavasti enemmän. Tämä ei kuitenkaan diplomityön puitteissa ollut mahdollista.

Siirtojen määrä on kuvattu vertailun vuoksi kuvassa 21. Sen tiedot on palveluaikojen tapaan saatu yrityksen ERP-datasta.





**Kuva 21.** Hitsaamon trukin kuljettajan siirtojen määrät viikoittain

Vertailtaessa siirtojen määrän kuvaajaa ja palveluaikojen kuvaajaan näkyy selkeä yhteys näiden välillä. Mitä enemmän trukin kuljettaja ehtii tekemään siirtoja, sitä lyhyempi on palveluaika. Myös nämä vaihtelut siirtojen määrässä selittävät luonnollista vaihtelua, joka siirtoihin liittyy. Esimerkiksi pidemmät siirrot vaativat enemmän aikaa kuin lyhyet, jolloin siirtojakin ehtii tekemään vähemmän. Yksilö on tarkasteluajanjaksolla ollut sama, joten tästä aiheutuva virhe ei esiinny. Tehdyt toimenpiteet eivät pitkälläkään aikavälillä näy siirtojen määrän muutoksena, koska vaikka siirrot loppuisivat, ajaa hitsaamon trukin kuljettaja silloin myös kokoonpanon siirtoja.

## 7.6 Kokonaistehokkuus

Yrityksessä otettiin diplomityön tarkasteluajanjakson loppupuolella käyttöön kokonaistehokkuuden mittari. Se kuvaa koko tehtaan henkilöstön suunniteltujen ja toteutuneiden tuntien suhdetta luvun 3.5 kaavan 4 mukaisesti. Toteutuneiden tuntien vähentyessä kokonaistehokkuus paranee. Näihin toteutuneisiin tunteihin kuuluu oleellisesti odotukseen ja järjestelyyn kulunut aika. Vaikka nämä ajat ovat nähtävissä yrityksen ERP-datan perusteella, ei ollut kuitenkaan mahdollista kohdentaa luotettavasti odotuksen ja järjestelyn aikoja diplomityössä esiintyneille nimikkeille. Voidaan sen sijaan arvioida odotukseen ja järjestelyyn kuluviin aikojen vähentyvän lähes nollaan niiden nimikkeiden osalta, joille on määritetty vakiopaikat hitsaamossa. Näille ajoille on olemassa erilliset leimaukset eli ne eivät kuulu niin sanottuun tuottavaan työhön. Osapuutteiden vuoksi odotusta voi tuki edelleen ilmetä. Kokonaistehokkuus asetettiin osaksi palkkiojärjestelmää, jotta työntekijät pyrkisivät minimoimaan arvoa tuottamattoman työnsä eli turhat odotukset ja järjestelyt.

## 8. YHTEENVETO TOIMENPITEISTÄ JA IMPLEMENTOINNISTA

Implementoinnin voidaan sanoa onnistuneen, koska mittaustuloksista voidaan nähdä positiivisia vaikutuksia. Myös muutosvastarinta jäi vähäiseksi, jolloin vaikutukset näkyivät nopeasti, eikä sopeutumisvaikeuksia ilmentynyt. Kustannuksia ei syntynyt, joten tältäkin osin onnistuttiin hyvin.

Merkittävimpinä hyötyinä voidaan pitää keräily-, asetus- ja odotusaikojen vähentymistä. Keräilyajan muutokset näkyvät suoraan mittaustuloksissa. Asetusajat sen sijaan näkyvät välillisesti mitatussa tuottavuudessa. Odotusaikojen suuruutta on vaikea arvioida. Kaikki nämä vaikuttavat läpäisy aikaan, joka luonnollisesti lyhenee. Läpäisyajan mittaaminen osoittautui erittäin haastavaksi, joten sitä ei voida todentaa. Voidaan kuitenkin arvioida läpäisyajan vähenevän näiden kaikkien summan verran. Lyhentynyt läpäisy aika näkyy mittaustuloksissa kuitenkin parantuneen toimitusvarmuuden myötä.

Hitsauspaikalla käytetyn pinta-alan pienentymistä ei voida myöskään väheksyä, koska tila on rajallista ja suuret koneet vaativat paljon tilaa. Suurentunut lattiatila mahdollistaa enemmän samanaikaisia hitsaustöitä. Myös työturvallisuus paranee tämän myötä, kun kompastumisvaaraa lattialla oleviin lavoihin ei ole niin paljon kuin aiemmin.

Taulukossa 4 on esitetty vielä yhteenveto mittaustuloksista, joille asetettiin numeeriset tavoitteet. Taulukon arvot ovat arvoja, joihin parhaimmillaan päästiin. Tavoitteet oli tarkoituksella asetettu koviksi, jotta jatkossakin jää vielä parannettavaa. Parhaimmillaan päästiin riittävän lähelle kaikkia tavoitteita. Parannettavaa jää tasaisuuteen, jotta tavoitteisiin päästäisiin jatkuvasti. Jyräpyörästä toimitusvarmuus jäi parhaimmillaankin kuitenkin melko alhaiseksi.

**Taulukko 4.** Yhteenveto mittaustuloksista ja tavoitteista

	Toimitusvarmuus	Tuottavuus	Keräilyaika	Pinta-ala
Jyräpyörästä	50%	1,43	-36%	-34%
Säiliö	100%	1,19	-38%	-47%
Tavoite	100%	yli 1	-50%	-50%

Muiden implementoitujen nimikkeiden osalta ei ollut mahdollista mitata tarkkoja arvoja muutoksen vaikutuksista, koska tähän ei ollut riittävästi aikaa. Näiden nimikkeiden osalta

voidaan kuitenkin arvioida vaikutusten olevan samankaltaisia kuin jyräpyörästä ja säiliön osalta, koska suunnilleen saman verran osista sai vakiohyllypaikan. Keräilyajan ja pinta-alan voidaan siis olettaa vähenevän n. 30-40 prosenttia. Samalla toimitusvarmuuden voidaan olettaa paranevan.

Tilankäyttöarvion ja diplomityön aikana suoritettujen implementointien perusteella voidaan implementointia jatkaa muillekin nimikkeille diplomityön jälkeenkin. Resurssien saatavuus sanelee, miten nopeasti implementointia voidaan jatkaa. Kustannukset saavutettuihin hyötyihin nähden ovat kuitenkin minimaaliset.

## 9. YHTEENVETO

# JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

**JA**

Luvussa 9.1 on vedetty yhteen koko diplomityön sisältö ja pohdittu työn vaikutuksia. Luvussa 9.2 on esitetty jatkokehitysehdotuksia tulevaisuutta varten.

### 9.1 Yhteenveto

Diplomityön aiheena oli hitsaamon materiaalivirtauksen kehittäminen. Tavoitteena oli luoda joitain vakiohitsauspaikkoja sekä tutkia, mitä tämä vaatii tilankäytöltä ja ohjaukselta. Numeeriset tavoitteet on käyty jo aiemmin läpi luvussa 8.

Vakiohitsauspaikkojen luontia varten tehtiin pilottitutkimus, jossa tutkittiin ohjauksen ja tilankäytön vaatimuksia. Myös vakiopaikkojen implementoinnin kannalta oleellisia työntekijöiden mielipiteitä otettiin huomioon. Pilottitutkimuksen jälkeen suoritettiin vielä erillinen tilankäyttöarvio, jonka perusteella voitiin kartoittaa tarvittavaa tilaa laajemmalla alueella. Pilottitutkimuksen ja tilankäyttöarvion jälkeen aloitettiin laajempi implementointi vakiohitsauspaikkojen luomiseksi. Työn edetessä vastuu implementoinnista siirtyi hitsaamon työnjohdolle. Tällä tavalla voitiin taata implementoinnin jatkuminen diplomityön jälkeenkin.

Kohdeyrityksessä oli hiljattain aloitettu lean-filosofian käyttäminen. Luonnollisesti siirtyminen uusiin toimintatapoihin aiheuttaa vastustusta. Skeptisyys leania kohtaan oli selkeästi havaittavissa suuressa osassa työntekijöitä ja johtoa diplomityön alkuvaiheilla. Nopeasti pilottitutkimuksen ja alkuimplementoinnin jälkeen asenteet leania kohtaan kuitenkin muuttuivat positiivisemmiksi niin työntekijöiden kuin johdonkin silmissä. Womack & Jonesinkin (1996) mukaan implementointi kannattaa suorittaa nopeasti niin, että tulokset ovat kaikkien nähtävillä. Tällä tavalla saadaan helposti käännettyä asenteita. Diplomityön lisäksi tähän ovat vaikuttaneet myös muutkin meneillään olleet lean-projektit, kuten 5s-projekti hitsaamossa.

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että kohdeyritys on menossa oikeaan suuntaan muutoksessa leania kohti. Kehitettävää on kuitenkin vielä paljon ja näitä kehityskohteita on valotettu seuraavassa luvussa.

### 9.2 Jatkokehitysehdotukset

Diplomityön aikana nousi esiin useita työhön liittyviä jatkokehitysmahdollisuuksia, joita ei diplomityön aikarajoissa ollut mahdollista toteuttaa. Osa kehityskohteista on suoraan

jatkoa diplomityölle ja osa esiin nousseita jatkotutkimuskohteita. Taulukkoa 1 luvussa 3.1 voidaan käyttää apuna tulevaisuuden suunnitelmia pohdittaessa.

### 9.2.1 Implementoinnin jatkaminen

Diplomityön aikana aloitettiin virtauksen implementointi hitsaamoon. Rajallisen ajan vuoksi ehdittiin implementointi suorittaa kuitenkin vain pienelle osalle nimikkeistä. Jotta toimenpiteillä saataisiin suurempia vaikutuksia aikaan, täytyy enemmän nimikkeitä saada valmiille varastopaikoille hitsaamoon. Vähintään Glendayn (2007) mainitsema 6 prosenttia nimikkeistä täytyisi saada implementoitua, koska sillä saadaan jo suuria vaikutuksia aikaan. Diplomityön aikana implementointi suoritettiin jo n. 2 prosentille hitsausnimikkeistä.

Jotta enemmän nimikkeitä saadaan mahtumaan hitsaamoon, tarvitaan jatkossa kuitenkin enemmän hyllyjä näitä varten. Pienille osille on mahdollista sijoittaa pieniä hyllyjä ympäri hitsaamoa. Isompia osia varten ei tilaa kuitenkaan ole paljon enempää. Pyörillä olevat pienet hyllyt on havaittu hyviksi, koska niitä voi tarpeen mukaan siirrellä hieman. Nykyisissä hyllyissä on kuitenkin ongelma, joka vaikeuttaa laatikoiden siirtämistä hyllyihin. Koska hyllyissä olevat laatikoiden hyllytasot ovat kaltevat, on raskaita laatikoita erittäin vaikea saada hyllyyn. Tämän vuoksi uusien hyllyjen laatikkotasojen tulee olla suoria.

Jos hyllytilaa halutaan lisätä mahdollisimman paljon, on yksi vaihtoehto luopua joistain hitsausroboteista. Vanhoja roboteja ei uskalleta siirtää sen pelossa, että ne eivät enää toimi siirron jälkeen. Roboteista luopuminen mahdollistaisi myös selkeämmän virtauksen halutuille tuotteille, koska layoutia voitaisiin muokata paremmaksi. Nykyinen layout saattaa myös käydä ahtaaksi, jos hyllyjä vielä lisätään. Tällöin trukkiliiikenne voi hankaloitua. Robottien asetusajat ovat pitkät, minkä vuoksi pienet eräkoot eivät ole mahdollisia. Nimikkeiden, joiden eräkokoja haluttaisiin pienentää, kannattaisi roboteista luopumista harkita. Womack & Jonesin (1996) mukaisesti käytettävissä olevista työkaluista tulisi tehdä oikeankokoisia, jotta virtaus olisi mahdollisimman sujuvaa.

Varastopaikkoja määritettäessä toiminnanohjausjärjestelmään määritettiin vain paikat, eikä vyöhykkeitä, joille nimikkeet ohjautuvat, jos varastopaikka on varattu. Vyöhykeiden luomisen asiantuntijan mukaan niitä ei ollut mahdollista luoda muuten kuin silloin, kun nimikkeitä oltiin siirtämässä paikoilleen. Tämä osaaminen täytyisi siis kouluttaa hitsaamon trukin kuljettajalle, jotta vyöhykkeet saataisiin tehtyä.

Diplomityössä keskityttiin ainoastaan asettamaan nimikkeet paikoilleen. Tämän lisäksi on myös tärkeää, että käytettävät työkalut olisi asetettu siististi lähelle hitsauspaikkaa, jotta niitä voidaan käyttää tehokkaasti. Tähän liittyen kohdeyrityksessä oli käynnissä 5S-projekti, jossa joillekin hitsauspaikoille tehtiin työkaluille paikat. Tämän projektin tulee ehdottomasti läpikäydä koko hitsaamo.

Implementoinnin aikana kävi ilmi työntekijöiden palautteen avulla, että hyllyihin asetetut nimikkeet olivat hieman liian korkealla. Tämän vuoksi hyllyt tulisi käydä läpi ja laskea niitä vähän alaspäin. Hyllyt ovat sellaisia, että niiden säätäminen onnistuu kohtuullisen helposti. Samassa yhteydessä kannattaisi hyllyihin asentaa vedettävät hyllyt, jotta lavan perimmäisetkin osat olisi työntekijän saatavissa helposti. Kohdeyrityksellä oli tällaisia vetohyllyjä ulkona ilman käyttöä. Näitä olisi mahdollista hyödyntää.

Kun hitsaamoja edeltävä välivarasto pienenee tulevaisuudessa nimikkeiden siirryttyä enemmän hitsauspisteiden lähelle, olisi välivaraston tilaa mahdollista käyttää hitsaamon laajentamiseen. Mahdollisuuksien mukaan hitsaamon ja välivaraston välisen seinänkin voisi purkaa. Välivaraston paikalle voisi tehdä enemmän vakiohitsauspaikkoja tai lisätä tilaa ahtaassa hitsaamossa. Joka tapauksessa vapautuvia hyllyjä olisi mahdollista hyödyntää uudelleen sijoittamalla ne hitsauspisteiden lähelle.

Implementoinnin onnistumisen ja kehityksen jatkumisen kannalta oleellista on, että koko yrityksen henkilöstö sisäistäisi lean-filosofian merkityksen. Tätä voidaan edesauttaa koulutuksilla ja kannustavan ilmapiirin luonnilla.

### **9.2.2 Arvovirtojen läpikäyminen**

Hitsaamon lisäksi kohdeyrityksessä tulisi käydä huolellisesti läpi arvovirrat koko yrityksen läpi. Tämä tarkoittaa tuotannon lisäksi tilaus-toimitus- ja tuotekehitysprosesseja. Analysoimalla nämä kaikki arvovirrat voidaan tuoda esiin hukkia, joita liittyy näihin kaikkiin prosesseihin. Hukkien poistamisella ja vakioimalla prosessit saadaan aikaan merkittävästi lyhyempiä läpäisyajoja. Womack & Jones (1996) painottaa näiden prosessien merkitystä asiakasarvon kannalta. Kun tilaus asiakkaalta virtaa sujuvasti läpi tuotannon ja toimituksen, ei asiakas maksa arvoa tuottamattomasta työstä. Nopea tuotekehitysprosessi taas takaa, että uudet tuotteet saadaan nopeasti markkinoille. Tällöin asiakasarvo muodostuu tuotteilla, jotka on suunniteltu muuttuvien asiakasvaatimusten mukaisesti.

Tuotannon arvovirtojen analysoinnin tueksi olisi hyvä saada tietoa todellisista läpäisyajoista. Läpäisyajojen mittaaminen on osoittautunut kohdeyrityksessä haasteelliseksi tuotteiden kausivaihteluiden vuoksi. Tietokonemallinnuksen avulla saattaisi olla mahdollista saada tietoa läpäisyajoista. Läpäisy- ja vaiheajojen avulla tuotannon tasoitus helpottuisi. Nykyisellään tuotannossa esiintyy varsinkin hitsaamossa kuormituspiikkejä, jotka aiheuttavat ongelmia toimitusvarmuuteen.

### **9.2.3 Arvovirtojen laajentaminen yrityksen ulkopuolelle**

Kun kohdeyrityksen kaikki arvovirrat on käyty läpi ja organisaatio tukee lean-filosofiaa, on aika siirtyä kohdeyrityksen ulkopuolelle. Womack & Jonesin (1996) mukaisesti tätä ei kannata tehdä ennen kuin oma yritys on kunnossa ja käynyt läpi muutokseen leaniin,

koska tällöin toimittajia ja jakelijoita voidaan opettaa näyttämällä sitä konkreettisesti omasta yrityksestä. Ei pidä siis vain tyytyä vaatimaan toimittajilta ja jakelijoilta leanin mukaista toimintaa, vaan mennä rohkeasti opettamaan heitä. Kun kaikki toimivat samalla tavalla saadaan suurin hyöty irti koko arvoketjusta, ja kaikki osapuolet hyötyvät. Kaikkein tärkeimpänä kuitenkin tästä seuraa hyvin todennäköisesti tyytyväinen asiakas.

Konkreettisesti esiin nousi ongelma, että tavarain vastaanotossa kohdeyrityksessä joudutaan siirtelemään saapuvia osia oikean kokoisille lavoille tai laatikoihin. Jos lavat ja laatikot olisivat valmiiksi oikean kokoisia, ne voitaisiin viedä suoraan tuotantoon. Osittain pakkauskokoja oli määritetty toimittajien kanssa, mutta tämä täytyisi tehdä suuremmalle osalle tuotteista. Vastuu pakkausten määrittämisestä jätettiin oston hoidettavaksi.

## LÄHTEET

- Achanga, P., Nelder, G., Roy, R., Shehab, E. 2006, Critical Success Factors for Lean Implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 17 No.4. Emerald Group Publishing Limited. pp. 460-471.
- Anderson P. H. 2012, Tuotantotoiminnan perusteita, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Luentomateriaali. Viitattu 13.7.2016, Saatavissa: [https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/103679/mod\\_resource/content/1/02\\_Tuotannon%20perusteet.pdf](https://moodle2.tut.fi/pluginfile.php/103679/mod_resource/content/1/02_Tuotannon%20perusteet.pdf)
- Baggaley, B. 2006, Using Strategic Performance Measurements to Accelerate Lean Performance, *Cost Management*; Jan/Feb 2006; 20, 1; ProQuest, 36 p.
- Boyle, T. A., Deflorin, P., Scherrer-Rathje, M. 2009, Lean, take two! reflections from the second attempt at Lean implementation. *Business Horizons* 52, Kelley School of Business, Indiana University, pp. 79-88
- Cadavid, L. & Duque, D. 2007, Lean manufacturing measurement: The relationship between Lean activities and Lean metrics. *Estudios Gerenciales*, vol 23 No. 105. pp. 69-83.
- Carreira, B. & Trudell, B. 2006, *Lean Six Sigma that Works: A Powerful Action Plan for Dramatically Improving Quality, Increasing Speed, and Reducing Waste*. Saranac Lake, NY, USA: AMACOM Books.
- Chapman, C.D. 2005, Clean House With Lean 5S, *Quality Progress*, Vol. 38(6), pp. 27-32.
- Demeter, K., Jenei, I., Losoconi, D. 2008, Factors influencing employee perceptions in Lean transformations, Department of Logistics and Supply Chain Management, Corvinus University of Budapest, *International Journal of Production Economics*. 30-43 p.
- Dewayne S. 2009, Developing a Lean Performance Score, *Strategic Finance*, Sep 2009, Vol.91(3), pp. 34-39
- Clarke, L. 1994, *The Essence of Change*, Prentice Hall, UK, 202 p.
- Doolen, T. & Worley, J. 2006, The Role of Communication and Management Support in a Lean Manufacturing Implementation, *Management Decision* Vol. 44 No. 2. Emerald Group Publishing Limited, pp. 228-245
- Drew, J., McCallum, B., Roggenhofer, S. 2004, *Journey to Lean: Making Operational Change Stick*. Gordonsville, Palgrave Macmillan. 225 p.



Dyer, W.G. 1984, *Strategies for Managing Change*, Addison-Wesley Pub. Co., USA, 202 p.

Harris, C. 2008, *Lean Connections: Making Information Flow Efficiently and Effectively*. Portland, Productive Press. 166 p.

Hauser, J. & Katz, G. 1998, *Metrics: You Are What You Measure!* *European Management Journal* vol. 16, UK. pp. 517-528.

Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009, *Teollisuustalous*, 6th ed., Infacs Oy, Tampere, 510 p.

Hicks, B.J. 2007, *Lean information management: Understanding and eliminating waste*, Innovative Manufacturing Research Centre, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, United Kingdom. *International Journal of Information Management* 27, pp. 233-249

Hobbs, D. P. 2003, *Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer*. Boca Raton, FL, USA: J. Ross Publishing, Incorporated.

Honkanen, H. 2006, *Muutoksen agentit - muutoksen ohjaaminen ja johtaminen*, Edita, Helsinki, 432 p.

Galsworth, G.D. 2005, *Visual Workplace, Visual Thinking: Creating Enterprise Excellence Through the Technologies of the Visual Workplace*, Visual-Lean Enterprise Press, USA, 252 p.

Glenday, I. 2007, *Breaking Through Flow – Banish firefighting and increase customer service*. Herefordshire, Lean Enterprise Academy Ltd. 92 p.

Glenday I. 2005, *Moving to*, IEE Manufacturing Engineer, April/May 2005, pp. 20-23

Imai M. 1997, *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-cost Approach to Management*, McGraw-Hill, 354 p.

John, A., Meran, R., Roenpage, O., Staudter, C. 2008, *Six Sigma+Lean Toolset, Executing Improvement Projects Successfully*

Junkkari Oy:n kotisivu, Viitattu 14.5.2016, Saatavissa: <http://www.junkkari.fi>

Krajewski L. J. & Ritzman L. P. 1996, *Operations Management: Strategy and Analysis*, 4. ed.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen S. 1997, *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*, 398 p.

- Liker, J.K. 2004, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill. 330 p.
- Minter, S. 2010, *Measuring the Success of Lean*, Industry Week, Feb 2010, Vol.259(2), pp. 32-35
- Nash, M. 2008, *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. Portland, Productivity Press, 296 p.
- Ohno T, 1988. *Toyota production system: beyond large scale production*. Cambridge, Productivity Press
- Rother, M. 2001, *Creating continuous flow an action guide for managers, engineers and production associates*, Lean Enterprise Institute, Cambridge (MA). 103 p.
- Rother, M., 2010. *Toyota Kata: Managing people for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*, New York: McGraw-Hill, 337 p.
- Rother M. & Shook J. 1998, *Learning to See*, Version 1.2. Lean enterprise institute. 102p.
- Ruffa, S. 2008, *Going Lean: How the Best Companies Apply Lean Manufacturing Principles to Shatter Uncertainty, Drive Innovation and Maximize Profits*. New York, USA, AMACOM Books, 280 p.
- Stephens, M. & Meyers, F. 2013, *Manufacturing facilities design and material handling*, 4. edition, Pearson Education, New Jersey, 486 p.
- Tisbury, J. 2012, *Your 60 Minute Lean Business: 5S Implementation Guide*, 2nd ed., 57 p.
- Wilson, L. 2010, *How to Implement Lean Manufacturing*, McGraw-Hill, New York, 335 p.
- Womack J. P & Jones D. T. 1996, *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation*